

# PUTKIPALKIN VALMISTUSLINJAN HITSAUSJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2008  
Marko Pykäläinen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

PYKÄLÄINEN, MARKO:

Putkipalkin valmistuslinjan hitsausjärjestelmän uusiminen  
Indel Automation Oy

Mekatroniikan opinnäytetyö, 52 sivua, 34 liitesivua

Kevät 2008

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee Stalatube Oy:n yhden putkipalkin valmistuslinjan hitsausjärjestelmän uusimista. Työn toimeksiantaja on Indel Automation Oy. Opinnäytetyö sisälsi logiikkaohjelmointia, sähkösuunnittelua, projektin hoitamista sekä järjestelmän käyttöönoton.

Työssä uusittiin putkipalkin valmistuslinja 10:n hitsausjärjestelmä vastaamaan muiden linjojen hitsausjärjestelmiä. Putkipalkin valmistuslinjalla hitsausjärjestelmää käytetään hitsaamaan taivutetun teräsrainan sauma umpeen. Uusiminen oli välttämätöntä, koska vanhaan hitsausjärjestelmään ei ollut enää saatavilla varaosia. Lisäksi siihen oli tehty paljon muutoksia, joista kenelläkään ei ollut tarkkaa tietoa ja kukaan ei ollut dokumentoinut niitä. Vanha järjestelmä olisi vikaantueksaan pysäyttänyt putkipalkin valmistamisen kyseisellä linjalla ja näin ollen oli tärkeää saada uusi hitsausjärjestelmä, jotta linjaa voidaan luotettavasti käyttää.

Opinnäytetyö alkoi sähkösuunnittelulla, jonka toteutuksen vastuu jakaantui Indel Automation Oy:n suunnittelijan kanssa. Uuden järjestelmän komponenteista osan toimitti Stalatube Oy ja loput toimitti Indel Automation Oy. Indel Automation Oy:n toimittamien komponenttien valinta ja tilaus kuuluivat opinnäytetyöhön. Lisäksi tuli huolehtia siitä, että keskusvalmistajalla oli myös Stalatube Oy:n toimittamat komponentit ajallaan. Logiikkaohjelmoinnissa ohjelmoitiin uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma hieman selvemmäksi, kuin muiden putkilinjojen hitsausjärjestelmien logiikkaohjelmat. Käyttöönotto uudelle järjestelmälle tapahtui itsenäisesti.

Tämän lisäksi tutustuttiin myös TIG- ja plasmahitsauksen teoreettiseen osaan, jotta oli mahdollista ymmärtää järjestelmän toimintaa ja eri komponenttien tarkoitusta.

Avainsanat: hitsausjärjestelmä, automaatio, suunnittelu

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

PYKÄLÄINEN, MARKO:

Renewing the welding system of a tube  
production line  
Indel Automation Oy

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 52 pages, 34 appendices

Spring 2008

ABSTRACT

---

The Bachelor's thesis deals with renewing one of the welding systems of Stalatable Oy's tube production lines. The commissioner for the thesis was Indel Automation Oy. The thesis involved logic programming, electric engineering, project management and commissioning of the new system,

The purpose of the thesis was to renew the welding system in tube production line 10 to make it uniform with the other welding systems of Stalatable Oy's tube production lines. The welding system is used in the tube production line to weld longitudinal joints of raw material in the production making process. Renewing the welding system was necessary, because there were no spare parts available to the old welding system. A lot of modifications had also been made to the system, which were not documented anywhere. The old welding system would have stopped the whole line in case of a malfunction and that is why it was necessary to deliver the new welding system, so tube line can be used reliably.

The work began with electric designing. Some of the welding system components were delivered by Stalatable Oy and some by Indel Automation Oy. The work included ordering and delivering the Indel Automation Oy's components, also taking care that all of the Stalatable Oy's delivered components were also available to the control cabinet manufacturer at the right time. Logic program was programmed to work as other welding systems programs, but modified to be more understandable. Commissioning of the system was handled independently.

In addition to all this the theoretical background of TIG and plasma welding was studied to clarify the whole working principle of the welding system and the purpose of the different components.

Key words: welding system, automation, designing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	1
1.2	Yritysesittelyt	1
1.3	Opinnäytetyön toteuttaminen	3
1.4	Opinnäytetyön haasteet	3
2	PUTKILINJA	4
2.1	Yleistä	4
2.2	Linjan toimintakuvaus	4
3	OHJELMOITAVA LOGIIKKA	9
3.1	Ohjelmoitavan logiikan käyttötarkoitus	9
3.2	Ohjelmoitavan logiikan rakenne	9
3.3	Tulot ja lähdöt	10
3.4	Ohjelmointi	11
4	HITSAUKSEN TEORIA	12
4.1	Yleistä tietoa hitsauksesta	12
4.2	TIG-hitsaus	14
4.2.1	Yleistä tietoa TIG-hitsauksesta	14
4.2.2	TIG-hitsauksen toimitaperiaate	15
4.2.3	TIG-hitsauksen laitteistokokoonpano	17
4.3	Plasmahitsaus	18
4.3.1	Yleistä tietoa plasmahitsauksesta	18
4.3.2	Plasmahitsauksen toimintaperiaate	20
4.3.3	Plasmahitsauksen laitteistokokoonpano	22
4.4	Monielektrodihitsaus	23
5	VANHA HITSAUSJÄRJESTELMÄ JA SEN ONGELMAT	24
5.1	Vanhan järjestelmän uusimisen syyt	24
5.2	Vanhan järjestelmän poistaminen käytöstä	27
6	TYÖN TOTEUTUS	27
6.1	Sähkösuunnittelu	27

6.1.1	Sähkösuunnittelun tehtäväjako	27
6.1.2	Sähkökuvien suunnittelussa käytetty ohjelmisto	28
6.1.3	Sähkökuvien piirtäminen	30
6.2	Logiikkaohjelmointi	30
6.2.1	Hitsausjärjestelmän logiikkaohjelman rakenne	31
6.2.3	Hitsausjärjestelmän logiikan kokoonpano	32
6.2.3	Logiikkaohjelman muokkaaminen eri muotoon	35
6.3	Projektin hoitaminen	37
6.4	Käyttöönotto	38
7	UUSI HITSAUSJÄRJESTELMÄ	40
7.1	Laitteiston kokoonpano	40
7.5	Hitsausjärjestelmän komponentit	44
7.5.1	Yleistä	44
4.5.2	Käynnistysramppi IM31	44
4.5.3	Current Adjustbox V2.0	45
4.5.4	LEM mittamuuntaja LT505-S	45
4.5.5	HF-Sytytin	46
8	YHTEENVETO	46
8.1	Opinnäytetyön lähtökohta	46
8.2	Opinnäytetyön eri työvaiheet	47
8.3	Opinnäytetyön onnistumisen arviointi	48
8.4	Oman tietotaidon kehitys työn aikana	49
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	52

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoituksena oli uusaa yhden Stalatable Oy:n putkipalkinvalmistuslinjan hitsausjärjestelmä, johon ei ollut enää saatavilla varaosia. Melkein kaikissa muissa linjoissa on jo uudemmat hitsausjärjestelmät ja tämä putkilinja 10 hitsausjärjestelmä piti uusaa vastaamaan muiden linjojen hitsausjärjestelmiä ohjaukseltaan ja komponenteiltaan. Samanlaisuus helpottaa varaosien saatavuutta ja vikatilanteiden ilmetessä vianhaku on huomattavasti helpompaa hitsausjärjestelmän ollessa samanlainen kuin muillakin linjoilla. Hitsausjärjestelmään kuuluu kolme hitsausmuuntajaa, kaksi ohjauskeskusta ja yksi ohjauspaneeli.

Muiden linjojen hitsausjärjestelmät ovat koko linjan suunnitelleen saksalaisen valmistajan suunnittelemia, joten tämä on ensimmäinen Indel Automation Oy:n Stalatable Oy:lle suunnittelema hitsausjärjestelmä. Indel Automation Oy ja Stalatable Oy tekevät paljon yhteistyötä, joten Stalatable Oy halusi tilata Indel Automation Oy:ltä vastaavan hitsausjärjestelmän, jotta sitä ei tarvitsisi tilata Saksasta asti ja näin kunnossapitokin helpottuu, kun tietotaitoa on lähempänä saatavilla.

## 1.2 Yritysesittelyt

Tutkintotyön teettäjä on lahtelainen Indel Automation Oy, joka on noin 20 hengen täyden palvelun automaatioalan yritys. Yritys on perustettu vuonna 1978 ja sen liikevaihto on noin 1.8 miljoonaa euroa. Yrityksen vienti on n. 40 % liikevaihdosta. Indel Automation Oy on erikoistunut monen eri teollisuudenalan kone- ja tuotantoautomaatioon, kuten saha-, sellu- ja paperi-, elintarvike-, muovi-, metalli-, konepajateollisuuteen, pintakäsittelylaitoksiin, OEM-laitevalmistajiin sekä silta-

automaation.. Indel Automation Oy kuuluu LSK-konserniin, johon kuuluvat myös emoyhtiö LSK Electrics, LSK Kodintekniikka Oy, Lahden LVI-Expertti Oy ja Ilmarex Oy. Koko konsernin Liikevaihto on yli 38 miljoonaa euroa ja henkilökuntaa on noin 220. Kuviosta 1 voidaan nähdä konsernin eri yhtiöiden toimialat.



KUVIO 1. Konserniin kuuluvien yritysten toimialat (LSK-yhtiöt)

Hitsausjärjestemän tilaaja Stalatable Oy on myös lahtelainen ja maailmanlaajuisesti tunnettu ruostumattomien putkipalkkien valmistaja. Yritys toimittaa monen kokoisia ruostumattomia teräsputkipalkkeja. Yritys on perustettu vuonna 1972 ja sillä on tytäryhtiönsä Stala Oy:n kanssa noin 200 työntekijää. Stala Oy on erikoistunut valmistamaan kotikeittiöihin pesupöytiä, jätelajitteluvaunuja, liesikupuja ja postilaatikoita. (Stalatable)

Jatkossa käytetään Indel Automation Oy:stä nimeä Indel ja Stalatable Oy:stä nimeä Stala tekstin selkeyttämiseksi.

### 1.3 Opinnäytetyön toteuttaminen

Stala oli tilannut ennen kesää 2007 Indeliltä putkilinja 10 hitsausjärjestelmän uusimisen vastaamaan muiden linjojen järjestelmiä. Työn vastuu jakautui sähkösuunnittelun osalta Indelillä toimivan sähkösuunnittelijan kanssa. Järjestelmän toimintaperiaatteen selvittäminen, komponenttien ominaisuuksien selvitys ja tilaaminen sekä logiikkaohjelman ohjelmointi olivat minun vastuullani. Tämän lisäksi suoritin käyttöönoton järjestelmälle Stalalla itsenäisesti.

Ohjaajanani toimi oppilaitoksen puolesta Arto Kettunen ja Indelin puolesta projektipäällikkö Pasi Mattila. Projektia tehdessä käytin apunani CADs-, Siemens STEP-7-, Microsoft Word- ja Microsoft Excel- ohjelmistoja. Hitsaukseen liittyvissä asioissa käytin tukenani kirjallisuutta sekä internetistä löytyvää aineistoa. Erikoisempien sähkökomponenttien osalta käännysin suoraan valmistajien edustajien puoleen tai etsin tietoa heidän internetsivuiltaan.

### 1.4 Opinnäytetyön haasteet

Suurin haaste etukäteen ajateltuna oli vähäinen kokemus Siemensin S7-300-sarjan logiikasta. Lisäksi hitsausjärjestelmän ohjelman toiminnasta ja siitä, miten sen pitäisi toimia, ei ollut tarkkaa tietoa projektin alkuvaiheessa. Myös sähkösuunnittelusta ja hitsausjärjestelmistä minulla oli vain vähän kokemusta, joten koin nämäkin osa-alueet haasteina, joista oli mahdollista oppia lisää. Käyttöönotto oli haastavaa suorittaa itsenäisesti ja lisää haastetta siihen toivat muutamat kytkentävirheet keskustoimittajalta ja sähköasentajilta.

## 2 PUTKILINJA

### 2.1 Yleistä

Stalalla on 11 putkipalkin valmistuslinjaa, jotka tekevät kelalla olevasta teräsraianasta määrämittaista suorakaiteen tai neliön muotoista putkipalkkia. Materiaalina käytetään austeniittista ruostumatonta terästä, korkeaan lämpötilaan soveltuvaa superausteniittista terästä sekä duplex-tyyppisiä ruostumattomia teräksiä. Eri linjoilla on hieman erilaisia ominaisuuksia ja linjat on suunniteltu tuottamaan erikoisia putkipalkkeja. Stala tarjoaa putkipalkkeja määrämittäisinä ja kulmakatkaisuina, joten työmaalla säästetään aikaa ja kustannuksia.

### 2.2 Linjan toimintakuvaus

Linjaa ohjataan ohjauspaneelista, jossa on linjan ominaisuuksista riippuen erilaisia painonappeja ja kytkimiä. Jokaisessa linjassa on HMI-kosketusnäyttöpaneeli. Kuviossa 2 on kuvattu 10. linjan HMI-paneeli. Paneelilta voidaan ohjata linjan toimintaa yhdessä kytkimien ja painonappien avulla. Tarvittaessa putkipalkkia voidaan valmistaa myös ilman ohjauspaneelia, jolloin eri linjan osia ohjataan niiden omilla ohjauspainikkeilla.



KUVIO 2. Putkilinja 10 ohjauspaneeli

Linjan alussa on haspeli, josta putkipalkin valmistus alkaa. Haspeliin asetetaan rullalla oleva teräsraina. Haspeli avaa rullaa halutulla nopeudella, jotta nopeus pysyy samana linjan kanssa. Uuden rullan vaihtuessa linja pysäytetään ja uudelta rullalta tuleva raina hitsataan vanhan perään käsinhitsauksella. Haspeli on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Haspeli avaa teräsrainarullaa, josta tehdään putkipalkkia

Tämän jälkeen alkaa rainan muokkaus. Aluksi rainaa väännetään pyöreään muotoon ennen hitsausta kuviossa 4 näkyvien rullien avulla. Rullat painavat rainaa pysty- ja vaakasuunnassa, jolloin raina alkaa pyöristyä. Näiden rullien nopeutta voidaan säätää ja tavoitteena on koko linjan osalta saada nopeus säädettyä siten, että kaikki rullat ottavat putkeen saman verran kiinni ja rainan liike on hieman vetävää, työntävän sijasta.



KUVIO 4. Teräsraina muokataan aluksi pyöreään muotoon ja vasta tämän jälkeen siitä tehdään neliön tai suorakaiteen muotoista

Kun raina on saatu muotoiltua pyöreäksi, hitsataan sen sauma umpeen. 10-linjassa käytetään TIG- ja plasmahitsauksen yhdistelmää, jota kutsutaan monielektrodihitsaukseksi. Kahdella muulla linjalla on käytössä laserhitsaus. Näillä linjoilla hitsausaamaa voidaan seurata näytöltä, koska saumaa kuvataan lämpökameralla koko ajan.

Hitsauksen jälkeen umpinainen pyöreä putki siirtyy hiomakoneelle, jossa hiomauhat hiovat putken hitsausaamaa tasaiseksi. Tämän jälkeen pyöreä putkipalkki muokataan uudestaan neliön tai suorakaiteen muotoiseksi ja sen pinta hiotaan uudelleen.

Lopuksi putkipalkki katkaistaan määrämittaan kuviossa 5 esitetyn kaltaisella sahalla. Joissain linjoissa on käytössä niputuskone, joka niputtaa palkit nippuun ja siirtää ne automaattisesti eteenpäin vihivaunun avulla. 10-linjalta oikean mittaiset palkit siirretään hydraulisten sylinterien avulla välivarastoon ja sieltä eteenpäin vihivaunuun manuaalisesti nostimella.



KUVIO 5. Putkipalkki katkaistaan asetettuun määrämittaan samalla kun putkipalkki liikkuu eteenpäin

### 3 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

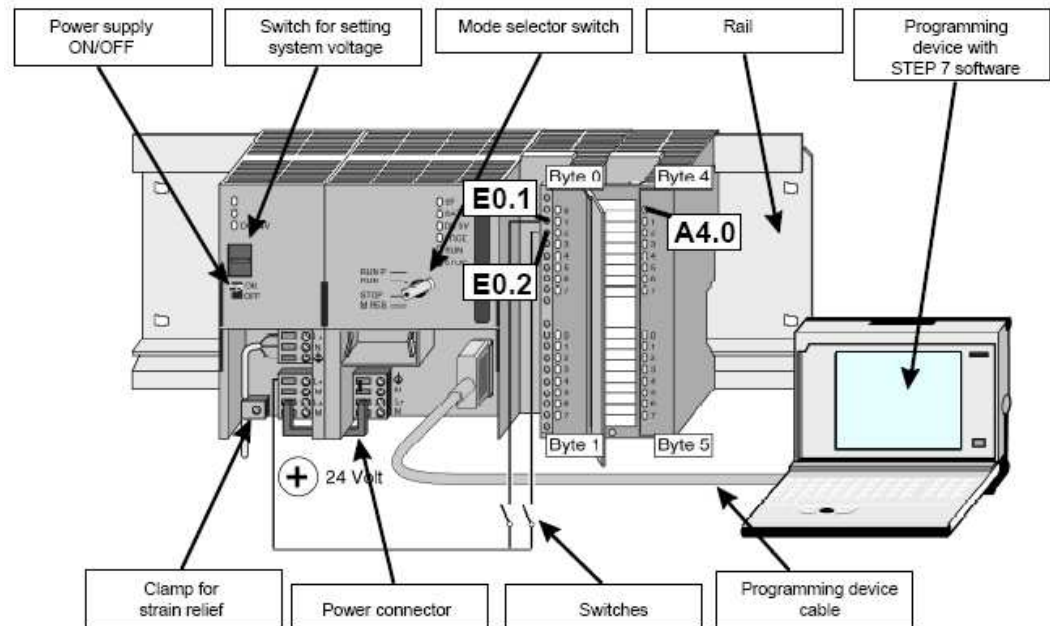
#### 3.1 Ohjelmoitavan logiikan käyttötarkoitus

Ennen ohjelmoitavien logiikoiden olemassaoloa automaatiojärjestelmien ohjaukseen käytettiin releitä, jotka ohjasivat järjestelmää. Tällöin suurissa järjestelmissä muutoksien tekeminen oli todella hankalaa ja vikatilanteissa vian etsiminenkin oli työlästä ja hankalaa, lisäksi releet ja niiden kytkennät veivät todella paljon seinätilaa.

Nykyään ohjelmoitavan logiikan, toiselta nimeltään PLC, avulla pystytään ohjaamaan automaatiojärjestelmiä toimilaitteiden avulla antureilta saatujen tietojen perusteella. Enää ei tarvita suuria määriä releitä hoitamaan ohjausta, vaan releiden sijasta ohjelmalla voidaan tehdä samat ja paljon monimutkaisemmatkin ratkaisut.

#### 3.2 Ohjelmoitavan logiikan rakenne

Ohjelmoitava logiikka koostuu keskusyksiköstä (CPU), muisteista, virtalähteestä sekä tulo ja lähtömoduuleista. Kuviossa 6 on esitetty Siemens S7-300-sarjan logiikan esimerkki rakenne. Logiikan liityntä prosessiin tapahtuu tulo- ja lähtömoduuleiden välityksellä. Lähtöihin voidaan kytkeä erilaisia antureita ja kytkimiä. Tuloihin kytketään taas laitteita, joita logiikalla halutaan ohjata. Keskusyksikössä sijaitsee logiikan käyttöjärjestelmä ja mikroprosessori. Keskusyksikkö ohjelmoidaan siten, että se erilaisten loogisten operaatioiden avulla antaa tietyillä tulosignaaleilla oikeanlaisia lähtösignaaleja oikean aikaisesti. Keskusyksikkö hoitaa myös viestiliikennettä logiikan ja oheislaitteiden välillä.



KUVIO 6. Siemens S7-300 logiikan esimerkki kokoonpano (Siemens 2000, 3)

Kirjoitetun ohjelman tallentaa ohjelmamuisti. Ohjelmamuistista löytyy kaikki informaatio, jolla ohjattu järjestelmä toimii. Se voidaan jakaa kahteen tyyppiin: tyhjenevään luku- ja kirjoituskelpoiseen muistiin sekä pysyvään lukumuistiin, jonne yleensä tallennetaan varsinainen logiikkaohjelma.

### 3.3 Tulot ja lähdöt

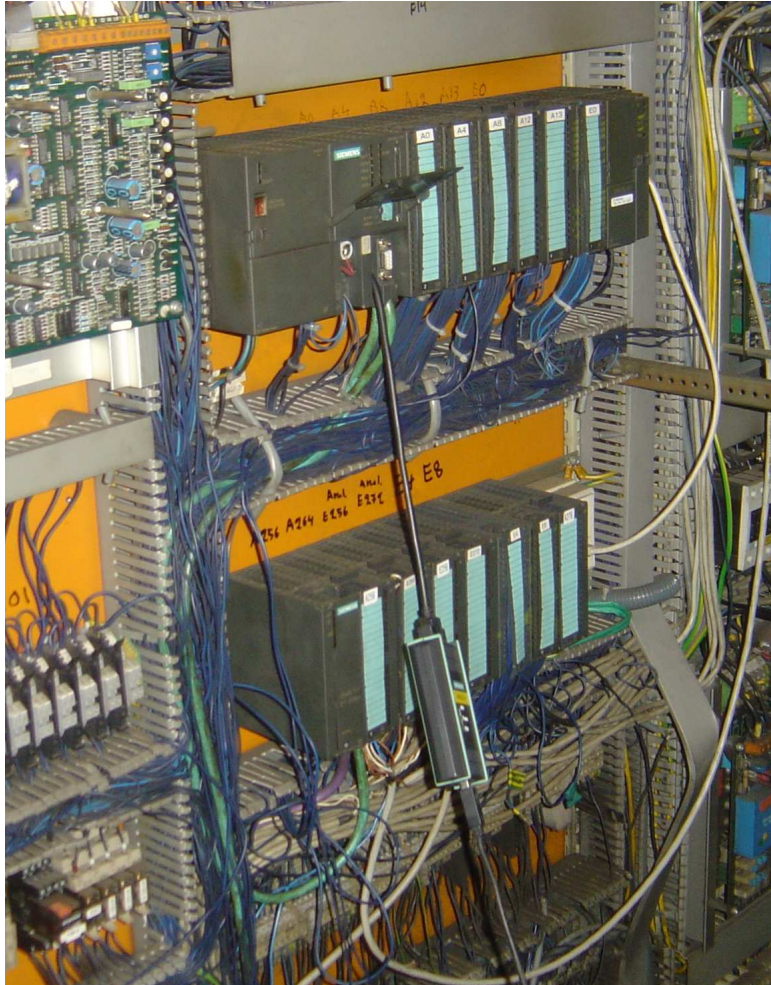
Ohjelmoitavan logiikan ohjaukseen vaikuttavista ulkoisista liitännöistä käytetään yleisesti nimitystä tulo ja lähtö. Nimitys tulee termistä I/O, input/output. Tulojen kautta logiikka saa tietoa järjestelmän tilasta, ja lähtöjen avulla se voi ohjata toimilaitteita, jotka vaikuttavat järjestelmään. Digitaalisilla signaaleilla on kaksi eri tilaa ja ne ilmaisevat vain päällä- tai poissa tilaa (1 tai 0). Esimerkiksi kytkimet, painikkeet, rajakytkimet ja valokennot ovat laitteita, joissa on digitaalinen tilatiedon ilmaisu.

Digitaalisten signaalien ilmaisemiseksi käytetään yleensä jännitettä tai virtaa. Tällöin tietty suureen alue tulkitaan 0-tilaksi ja toinen 1-tilaksi. Ohjelmoitava logiikka voi käyttää esimerkiksi 24 VDC jännitettä, jolloin jännite tunnistettaessa, tulkitaan se päällä olevaksi signaaliksi ja kun jännitettä ei tule, tulkitaan se pois olevaksi signaaliksi.

Analogiset signaalit eivät anna pelkästään päällä- ja pois tilatietoa, vaan ne välittävät kaikki arvot toiminta-alueensa ääripäiden väliltä. Yleensä analogiset arvot tulkitaan ohjelmoitavassa logiikassa kokonaisluvuksi. Tyypillisiä analogisen signaalin avulla välitettäviä mittaustietoja ovat paine, virtaus ja lämpötila. Analogiaviesti voi tyypistä riippuen olla esimerkiksi 4–20mA, 0–20mA, 0–10v, +10V, +-5V.

### 3.4 Ohjelmointi

Ohjelmoitavia logiikoita ohjelmoidaan nykyään pääasiassa PC:llä. Eri logiikkavalmistajat tekevät logiikoiden ohjelmointiin ohjelmia, joita joko jaetaan ilmaiseksi tai niiden lisenssejä myydään erikseen. Logiikan ohjelma voidaan ohjelmoida valmiiksi asti PC:llä ja sen toimivuutta voidaan myös eri valmistajien ohjelmointiohjelmasta riippuen simuloida. Ohjelmointiin voidaan käyttää eri ohjelmointikieliä. Valmis ohjelma siirretään PC:ltä logiikalle käyttäen logiikkavalmistajan yhdyskaapelia. Kuviossa 7 on esitetty Stalalla putkilinja 10:en logiikkaan ohjelmaa ladattaessa käytetty kaapeli.



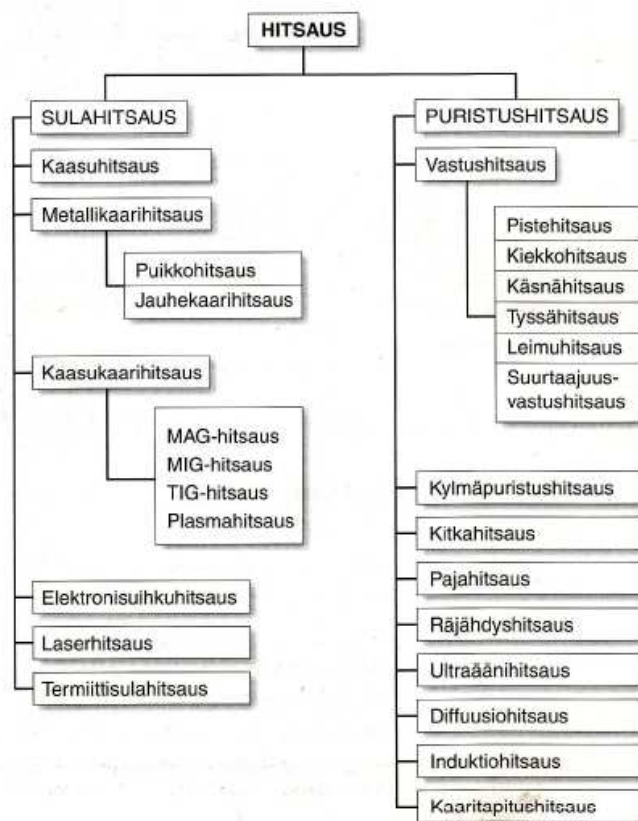
KUVIO 7. Siemensin S7-300-sarjan logiikan yksi yhdyskaapelimalli

## 4 HITSUKSEN TEORIA

### 4.1 Yleistä tietoa hitsauksesta

Hitsaus on yleisin ja tärkein terästen ja ei-rautametallien liittämismenetelmä. Hitsausta voidaan käyttää myös monien ei-metallisten materiaalien, kuten muovien ja keraamisten aineiden liittämiseen. Hitsaus on kappaleiden liittämistä toisiinsa ilman erillistä sitovaa väliainetta. Tällöin liitettävien kappaleiden molekyylit liittyvät toisiinsa ja muodostavat kiinteän liitoksen. Hitsauksessa voidaan käyttää myös lisäainetta, jonka sulamispiste on lähes sama kuin hitsattavan aineen sulamispiste.

Erilaisia hitsausmenetelmiä on olemassa paljon erilaisia ja tämä ilmenee myös kuviosta 8.:Siitä nähdään erilaisten menetelmien sijoittuminen sula- ja puristushitsauskäsien välille jaoteltuna.



KUVIO 8. Hitsausmenetelmien luokittelumalli (Lepola & Makkonen 1998, 13.)

Sulahitsausmenetelmissä liitoskohtien pinnat kuumennetaan sulaan lämpötilaan ja tällöin pinnat liittyvät toisiinsa ja jäähmettyessään ne muodostavat liitoksen. Aineen sulattava, eli hitsisulan synnyttämiseen tarvittava lämpö tuotetaan valokaaren, kaasuliekin tai kemiallisen reaktion avulla. Sulahitsausprosesseissa on mahdollista käyttää myös lisäainetta, jota myös käytetään lähes aina. Lisäaine täyttää

hitsausrillon yhdessä railon reunoilta sulaneen perusaineen kanssa. Railolla tarkoitetaan hitsausta varten valmistettujen osien välistä tilaa.

Puristushitsausmenetelmissä ei käytetä lisäainetta liittämiseen. Menetelmässä kuumennetaan liitoskohtien pinnat ”tahmeaksi” ja tällöin puristetaan niitä määrättyllä voimalla yhteen, jolloin saadaan aikaiseksi liitos.

Tämän työn yhteydessä esitellään tarkemmin vain kaasukaarihitsauksen ryhmään kuuluvat TIG- ja plasmahitsausmenetelmät, koska niitä käytetään putkilinjan hitsausjärjestelmässä.

## 4.2 TIG-hitsaus

### 4.2.1 Yleistä tietoa TIG-hitsauksesta

TIG-hitsaus kuuluu kaasukaarihitsauksen pääryhmään, jonka muita yleisimpiä hitsausmuotoja ovat MIG-, MAG- ja plasmahitsaus. Lyhenne TIG tulee sanoista ”Tungsten Inert Gas”, joista Tungsten tarkoittaa volframia ja Inert Gas tarkoittaa inerttistä kaasua. TIG-hitsaus kehitettiin alun perin magnesiumseosten hitsaukseen. Nykyään sillä hitsataan alumiinin ja magnesiumin lisäksi ruostumatonta ja haponkestävää terästä, kuparia ja kupariseoksia, nikkeliä ja nikkelseoksia sekä titaania ja titaaniseoksia. Eniten TIG-hitsausta käytetään ruostumattomien- haponkestävien terästen ja alumiinien hitsaukseen. (Lepola & Makkonen 1998, 197-198)

Käyttökohteina ovat yleensä vaativat putkistot, ruostumattomat putket ja putkipaljit, ohuet aineet, alumiinit ja erikoismetallit sekä pienet korjaukset. Käyttöalue

alkaa noin 0,1 millimetrin ainepaksuudesta ja eniten menetelmää käytetään alle 6 millimetrin vahvuisten rakenteiden hitsaamiseen. Suurempien ainepaksuuksien railojen hitsauksessa menetelmä on hidas. (Lukkari 1997, 255)

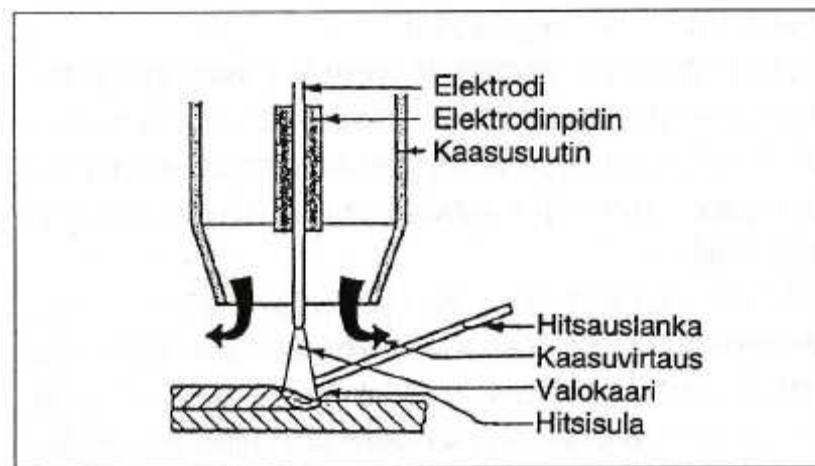
TIG-hitsauksen edut ja haitat:

- + soveltuu lähes kaikkien metallien hitsaukseen
  - + hitsausarvojen säätö helppoa
  - + lämmöntuonti hyvin säädettävissä
  - + hyvä sulan ja tunkeuman hallinta
  - + ohuiden aineiden hitsaus mahdollista
  - + voidaan hitsata ilman lisäainetta
  - + ei kuonaa
  - + hitsaustapahtuma hyvin nähtävissä
  - + kevyt hitsain ja ohuet kaapelit
  - + ei roiskeita
- 
- alttius vedolle
  - pieni hitsausnopeus paksuilla perusaineilla
  - herkkä epäpuhtauksille
  - juuren suojaustarve
- (Lukkari 1997, 257)

#### 4.2.2 TIG-hitsauksen toimitaperiaate

TIG-hitsauksen toiminta perustuu siihen, että metallin kuumentamiseen ja sulattamiseen käytetään valokaarta, joka palaa sulamattoman elektrodin ja työkappaleen välillä. Tämän tapahtuman periaate on esitetty kuviossa 9. Valokaaren lämpö sulattaa hitsattavaa työkappaletta ja tähän muodostuu hitsisula. TIG- ja plasmahitsaus eroavat esimerkiksi MIG/MAG-hitsauksista sulamattoman volframielektrodin takia. Valokaari palaa tällöin volframielektrodin ja työkappaleen välillä, jol-

loin elektrodi ei sula, kun taas MIG/MAG-hitsausprosesseissa lisäaine sulaa toimiessaan virtaa johtavana elektrodina työkappaleen ja valokaaren välillä. Hitsaus tapahtumaa ympäröi inertti suojakaasu, eli se ei reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa. Suojakaasun tehtävänä on suojata työkappaleen kuumia ja sulaneita osia, mahdollista lisäainetta ja elektrodia, ympäröivän ilman vaikutuksilta. Suojakaasulla voidaan vaikuttaa myös valokaaren ja hitsin ulkonäköön. Suojakaasuina käytetään yleisimmin argonia, heliumia ja niiden erilaisia seoksia. Yleisin käytetyistä suojakaasuista on argon. (Lukkari 1997, 249)

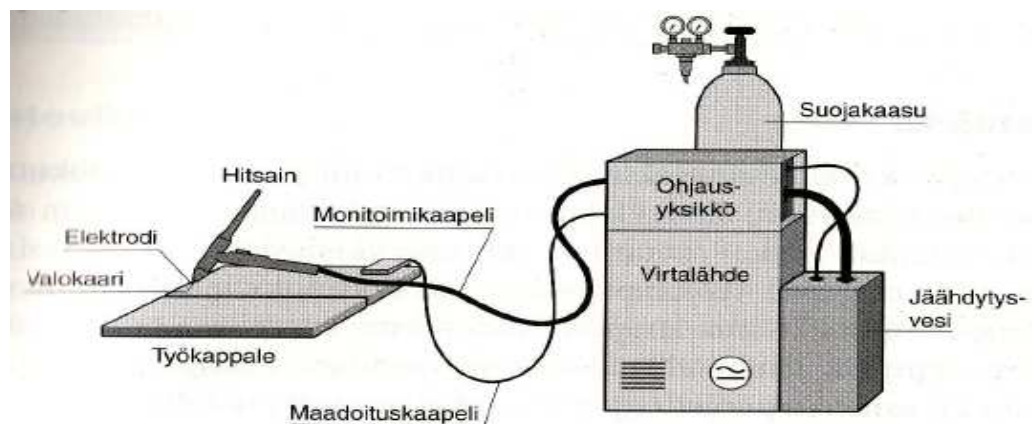


KUVIO 9. TIG-hitsauksen periaate (Lukkari 1997, 249)

TIG-hitsausta voidaan suorittaa lisäaineella tai ilman. Yleisimmin lisäaine on paljas lanka, joka vastaa koostumukseltaan hitsattavaa materiaalia. Lisäaine voidaan syöttää hitsisulaan joko käsin tai koneellisesti, jolloin puhutaan mekanisoidusta TIG-hitsauksesta.

#### 4.2.3 TIG-hitsauksen laitteistokokoonpano

TIG-hitsauslaitteisto koostuu virtalähteestä, ohjausyksiköstä/suurtaajuuslaitteesta, sytytyslaitteistosta, hitsauspolttimesta, hitsauskaapelista, maadoituskaapelista ja suojakaasulaitteistosta sekä mahdollisesti nestejäähdytysyksiköstä. Yleensä yli 150-200 A virroilla hitsattaessa käytetään nestejäähdytystä viilentämään hitsainta. Laitteistokokoonpanosta on esitetty esimerkki kuviossa 10.



KUVIO 10. TIG-hitsauksen laitteistokokoonpano esimerkki (Lepola & Makkonen 1998, 199)

Yleisimmin TIG-hitsausvirtalähde on varustettu kaksoisvirtalähteellä, jolla voidaan valita haluttu virtalaji tasavirran ja vaihtovirran välillä. Vanhemmissa malleissa on joko tasasuuntaaja, josta saadaan tasavirtaa tai muuntaja, josta saadaan vaihtovirtaa. Tasavirralla hitsattaessa elektrodi kytketään miinusnapaan, jolloin elektronit kulkevat miinusnavasta kohti plusnapaa. Vaihtovirtaa käytetään lähinnä vain sellaisten aineiden hitsaamiseen, joissa tarvitaan pintaa puhdistavaa vaikutusta. Näitä aineita ovat alumiini ja sen seokset sekä magnesium ja sen seokset.

TIG-hitsauksessa on mahdollista käyttää myös pulssihitsausta, jolloin hitsausvirta vaihtelee kahden virta-arvon välillä. Pulssihitsausta voidaan suorittaa tasavirralla sekä vaihtovirralla. Sen avulla voidaan säännöstellä lämmöntuontia, tunkeumaa ja hitsisulan kokoa paremmin kuin jatkuvalla virralla hitsatessa. Tämän vuoksi pulssihitsausta käytetään mm. ohuiden aineiden hitsauksissa.

Laitteiston ohjausyksikön päätehtävänä on virtalähteen ohjaaminen, valokaaren sytyttäminen, suojakaasun virtauksen ohjaaminen ja jäähdytysvesijärjestelmän valvonta. Valokaari voidaan sytyttää TIG-hitsauksessa kolmella erilaisella menetelmällä. Näitä ovat raapaisukosketus, kontaktikosketus ja kipinäsytytys. (Lukkari 1997, 259)

Stalan putkilinjan hitsausjärjestelmässä valokaaren sytytys tapahtuu logiikan ohjaamana kipinäsytytyksenä, jolloin logiikka käynnistää erillisen kipinän sytytyslaitteen määrättyksi ajaksi käyntiin.

## 4.3 Plasmahitsaus

### 4.3.1 Yleistä tietoa plasmahitsauksesta

Plasmahitsaus sijoittuu ominaisuuksiltaan kaasukaarihitsauksien (MIG/MAG- ja TIG-hitsaus) ja sädehitsauksien (laser- ja elektronisuihkuhitsaus) välimaastoon. Se luokitellaan kuitenkin kaasukaarihitsausryhmään. Se on nuorin kaasukaarihitsausprosesseista ja ensimmäinen plasmahitsauslaitteisto tuli markkinoille vasta vuonna 1963. (Lukkari 1997, 273)

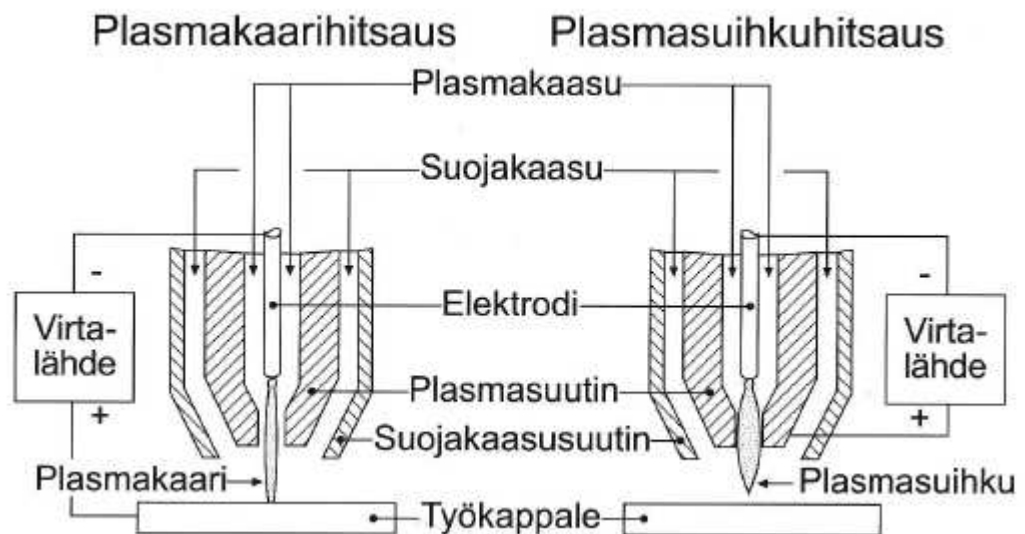
Eniten plasmahitsausta käytetään ruostumattoman teräksen hitsauksessa, jossa sen etuja ovat levyjen ja säiliöiden yhdeltä puolelta hitsauksen mahdollisuus. Pituushitsattujen prosessiputkien valmistus oli ensimmäisiä kohteita joissa plasmahitsausta sovellettiin, mutta nykyään plasmahitsausta käytetään myös levyjen jatkamiseen, säiliöiden ja lieriöiden pituus- ja kehähitseihin sekä putken osien hitsaukseen. (Lukkari 1997, 275)

Plasmahitsauksen edut ja haitat:

- + tehokkuus
  - + suuri tunkeuma
  - + yhdeltä puolelta hitsaus
  - + pieni lisäainetarve
  - + pienet muodonmuutokset
  - + erittäin ohuet ainepaksuudet
  - + erinomainen hitsin laatu
  - + roiskeettomuus
  - + hitsin juohevuus
  - + suuri tai suurehko hitsausnopeus
- 
- huono tehokkuus, kun kyse on paksumpien railojen täyttämisestä
  - kalliit laiteinvestoinnit
  - hitsausparametrien tarkka säätö
  - rajoitettu käyttöalue
  - tarkka railonvalmistus- ja sovitustarkkuus viistottaisissa kappaleissa
  - juurikaasun käyttötarve, eli hitsin juuren suojaus käyttämällä kaasua
- (Lukkari 1997, 276-277)

#### 4.3.2 Plasmahitsauksen toimintaperiaate

Plasmahitsauksessa valokaari palaa plasmakaasun ja suojakaasun ympäröimänä, sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välillä. Pääasiallinen hitsauslämmön lähde on plasma. Plasmalla tarkoitetaan korkeaan lämpötilaan kuumennettua kaasunolotilaa, jossa esiintyy samanaikaisesti molekyyliä, atomeja, elektroneja ja ioneja. Plasman lämpötila sisäosissa on korkeampi verrattuna muihin kaarihitsausprosesseihin (15 000-25 000°C). Plasman syntymiseen tarvittava korkea lämpötila saadaan aikaan valokaarella. Tässä kohtaa plasmahitsaus voidaan jakaa kahteen eri osaan, plasmakaarihitsaukseen ja plasmasuihkuhitsaukseen. Plasmakaarta käytetään yleensä hitsauksessa ja plasmasuihkua puolestaan leikkauksessa ja plasmaruiskutuksessa. Kuviossa 11 nähdään näiden toiminnallinen ero. (Kyröläinen & Lukkari 2002, 365)



KUVIO 11. Plasmakaari- ja plasmasuihkuhitsaus (Lukkari 1997, 273)

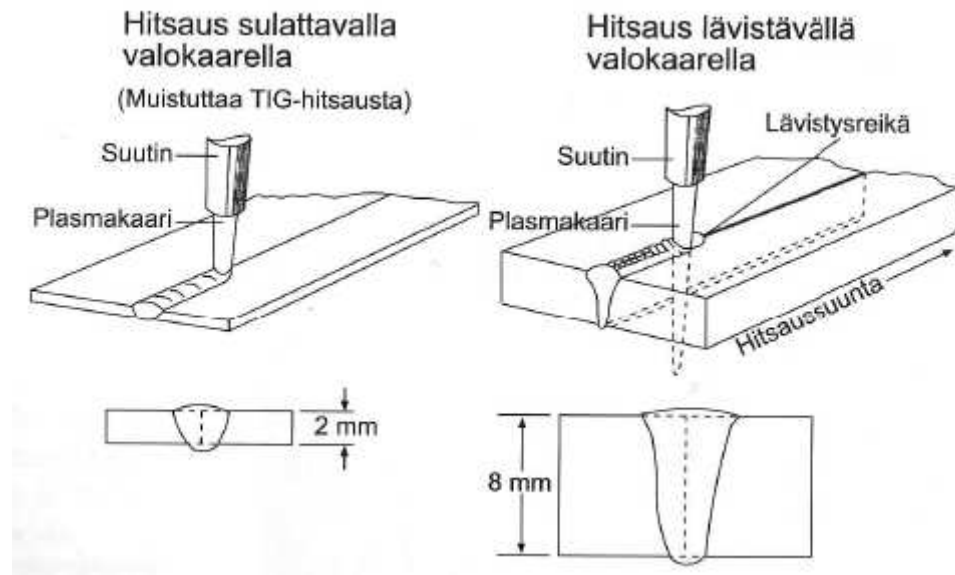
Plasman pääkaaren sytyttämiseen käytetään sytytyslaitteen antamaa ns. pilotti- eli apukaarta, joka palaa hetken elektrodin ja suuttimen välillä. Tämä muodostaa sil-

lan elektrodin ja työkappaleen välille, jota pääkaari seuraa ja syttyy helposti, kun virtalähteen tyhjäkäyntijännite kytketään elektrodin ja työkappaleen välille. Apukaari sytytetään tavallisesti suurjännitteisellä suurtaajuusvirralla. (Lukkari 1997, 272)

Plasmahitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, joka tuodaan hitsisulaan lankana. Lisäaineen tarpeen määrittää lähinnä railosovituksen tarkkuus. Lisäaineen tehtävä on lähinnä kompensoida sovitusepätkä tarkkuuksien tarvitsevaa hitsausainemäärää.

Plasmahitsausta voidaan suorittaa joko sulattavana tai lävistävänä hitsauksena. Ohuemmat materiaalipaksuudet hitsataan sulattavalla hitsauksella ja paksummat lävistävällä hitsauksella. Sulattava plasmahitsaus on hyvin paljon TIG-hitsauksen kaltaista. Tällöin plasmakaari sulattaa ja muodostaa valokaaren alle railoon hitsisulan, kuten TIG hitsauksessa. Käsinhitsauksessa käytetään yleensä sulattavaa plasmahitsausta. Lävistävässä plasmahitsauksessa plasmapatsas syrjäyttää altaan sulan metallin, jolloin railoon muodostuu reikä. Tätä kutsutaan avaimenreiäksi tai lävistysreiäksi. Kun poltinta kuljetetaan eteenpäin, kaaren sulattama metalli virtaa plasmapatsaan sivuilta reiän taakse yhtenäiseksi sulaksi ja jähmettyy. Lävistävää hitsausta käytetään paljon ruostumattomien säiliöiden ja putkien hitsaukseen. (Kyroläinen & Lukkari 2002, 367-368)

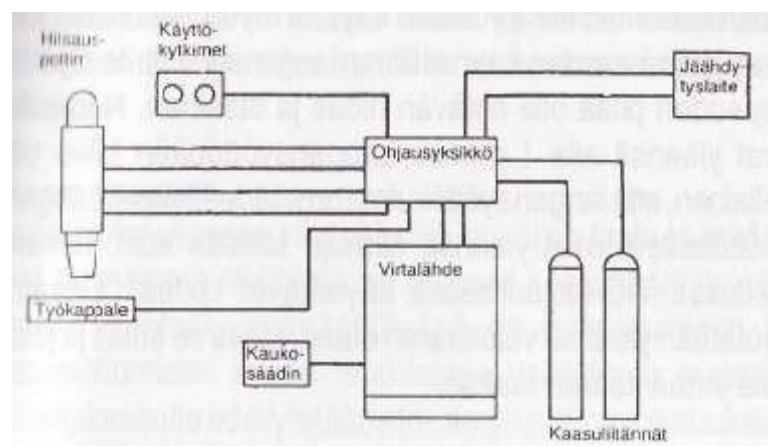
Plasmakaarihitsaus on ainoa kaasukaarihitsausprosessi, jossa tämä lävistävä valokaari on mahdollinen. Lävistävän valokaaren suurin etu on yksipalkkohitsauksen mahdollisuus myös keskipaksuilla kappaleilla, eikä pelkästään ohuilla aineenpaksuuksilla. Kuviossa 12 on esitetty lävistävän ja sulattavan hitsauksen toiminnallinen ero.



KUVIO 12. Plasmahitsaus sulattavalla ja lävistävällä valokaarella (Lukkari 1997, 275)

#### 4.3.3 Plasmahitsauksen laitteistokoonpano

Normaali plasmahitsauslaitteisto sisältää virtalähteen, hitsauspolttimen, ohjausyksikön, sytytyslaitteen, jäähdytyslaitteen ja kaasunvirtauslaitteet. Kuviossa 13 on esitetty normaali laitteistokoonpano.



KUVIO 13. Plasmahitsauslaitteisto (Lukkari 1997, 277)

Hitsausvirtalähteessä käytetään tasavirtaa kaikissa muissa tapauksissa paitsi alumiinia hitsatessa, joka vaatii yleensä vaihtovirtaa. Virtalähde on tasasuuntaaja, jonka staattinen ominaiskäyrä on yleensä jyrkästi laskeva. Tällöin hitsausvirta pysyy vakiona riippumatta kaarenpituuden tai plasmakaasun virtauksen muutosten aiheuttamista jännitteen vaihteluista. Virtalähde on hyvin samanlainen kuin TIG-hitsauksessa, jonka virtalähdettä käytetäänkin usein plasmahitsaukseen. (Lukkari 1997, 277-278)

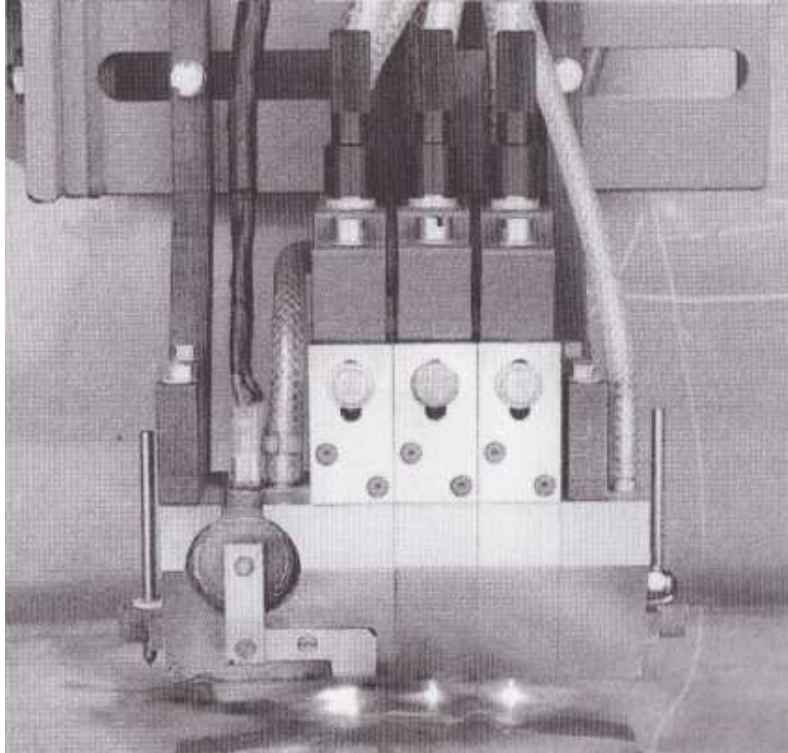
Polttimena plasmahitsauksessa on plasmapolttin, joka on yhdistetty elektrodinpidin ja kaasusuutin plasmakaaren tai plasmasuihkun muodostamiseksi. Polttimen pääosat ovat elektrodi, plasmasuutin, kaasusuutin ja kädensija. (Lukkari 1997, 278)

#### 4.4 Monielektrodihitsaus

Stalalla käytetään kahta linjaa lukuun ottamatta monielektrodihitsaustapaa putkipalkille. Tällöin hitsataan samanaikaisesti usealla elektrodilla, jotka ovat peräkkäin ja niiden etäisyys toisistaan on noin 20-30 mm. Elektrodeista jokainen on kytketty omaan virtalähteeseensä. Monielektrodihitsauksista yleisin sovellus on malli, jossa käytetään kolmea elektrodia, tämä on käytössä myös Stalalla. Stalalla on käytettävänä keskimmäisenä elektrodina plasmaa TIG:n sijaan. Tämän yhdistelmän avulla saadaan hitsattua paksumpia materiaaleja. Kuviossa 14 on esitetty kolme peräkkäin asennettua elektrodia.

Ensimmäinen elektrodi on TIG-hitsauksen, sen tehtävänä on tehdä esikuumennus ilman varsinaista sulattamista tai suorittaa korkeintaan pieni esitunkeuma. Toisen

plasmaelektrodin tehtävä on tehdä varsinainen läpituokeuma. Kolmannella elektrodilla viimeistellään pinta. (Kyröläinen & Lukkari 2002, 355-356)



KUVIO 14. TIG-kolmielektrodihitsaus, jossa keskimmainen elektrodi kuuluu plasmahitsaukselle (Kyröläinen & Lukkari 2002, 356)

## 5 VANHA HITSAUSJÄRJESTELMÄ JA SEN ONGELMAT

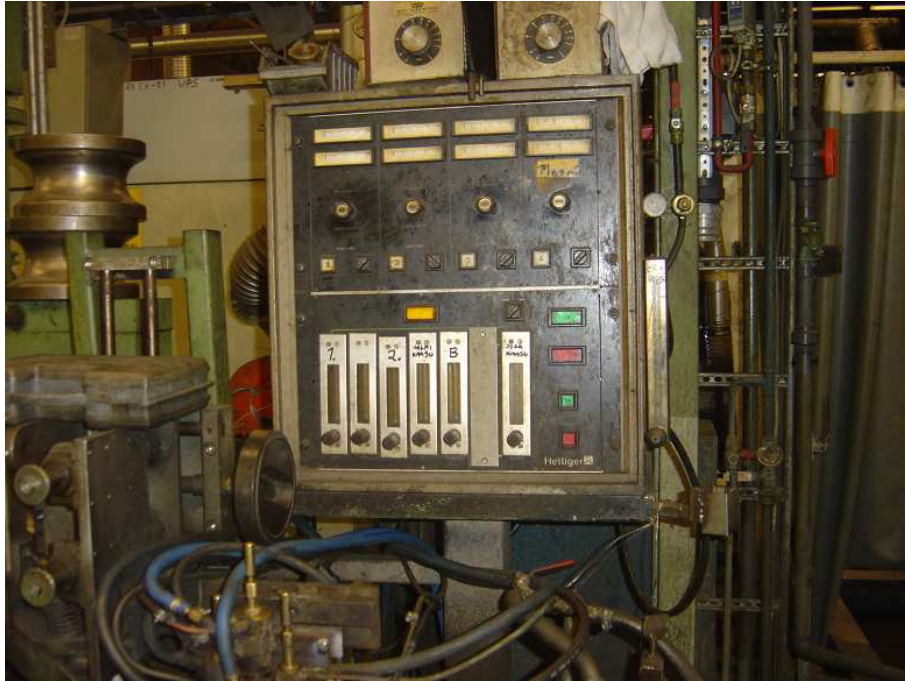
### 5.1 Vanhan järjestelmän uusimisen syyt

Vanha hitsausjärjestelmä poikkesi kaikkien muiden linjojen järjestelmistä komponenteiltaan niin, ettei siihen ollut enää varaosia saatavilla. Lisäksi ohjauskeskuksiin oli tehty niin paljon muutoksia, ettei niistä ollut kenelläkään selvyyttä ja suurta osaa ei oltu päivitetty sähkökuviin. Näin ollen järkevin ratkaisu oli suunnitella kokonaan uudet keskuskeskukset ja uusia kaikki hitsaukseen liittyvät komponentit

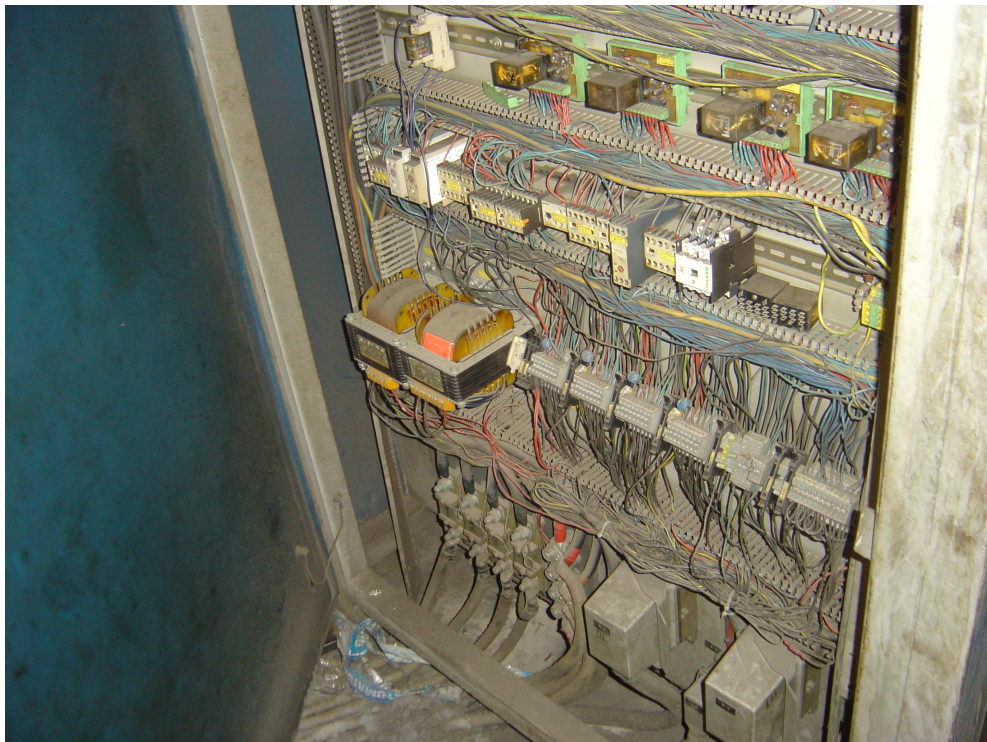
vastaamaan muita linjoja. Näin varaosia ei tarvitse varastoida niin monia, vaan pystytään liittämään uusi samanlainen komponentti mihin tahansa linjoista ilman ongelmia ja varaston kokonaishinta pysyy pienempänä. Järjestelmän uusiminen oli todella tärkeää, sillä jos jokin komponentti olisi hajonnut, ei 10-linjalla olisi pystytty valmistamaan putkipalkkia lainkaan. Kuvioissa 15, 16 ja 17 on esitetty vanhoja keskuksia ja niistä voidaan nähdä, että niiden purkaminen oli järkevin ratkaisu.



KUVIO 15. Vanhan HF-Keskuksen sisältö.



KUVIO 16. Vanha ohjauspaneeli, josta ohjattiin järjestelmän toimintaa



KUVIO 17. Vanhan järjestelmän ohjauskeskuksen sisältöä

## 5.2 Vanhan järjestelmän poistaminen käytöstä

Vanhan järjestelmän ominaisuuksia ei selvitetty, koska alusta asti oli selvää että uusi järjestelmä suunnitellaan muiden linjojen järjestelmien mukaiseksi. Vanha järjestelmä oli toiminnaltaan lähes identtinen uusien järjestelmien kanssa, mutta komponentit olivat todella vanhoja ja niitä ei pystytty käyttämään hyväksi.

Vanha järjestelmä purettiin pois käyttöönoton alettua ja siitä ei hyödynnetty muita osia, kuin hitsauskaapelit. Ne olivat oikean kokoiset ja mittaiset, joten niitä voitiin hyödyntää myös uudessa järjestelmässä.

# 6 TYÖN TOTEUTUS

## 6.1 Sähkösuunnittelu

### 6.1.1 Sähkösuunnittelun tehtäväjako

Sähkösuunnittelun osuus jäi pienemmäksi kuin muut osuudet, koska sen toteutuksen vastuu jakaantui Indelillä toimivan sähkösuunnittelijan kanssa. Esisuunnittelu suoritettiin yhdessä ja se tapahtui Stalan muiden linjojen järjestelmiä tutkimalla sekä käyttäen hyväksi putkilinja 8:n hitsausjärjestelmästä löytämiämme saksalaisen valmistajan sähkökuvia. Esisuunnittelun avulla saatiin selvitettyä, minkälainen järjestelmä tulee suunnitella ja mitä komponentteja siihen kuuluu.

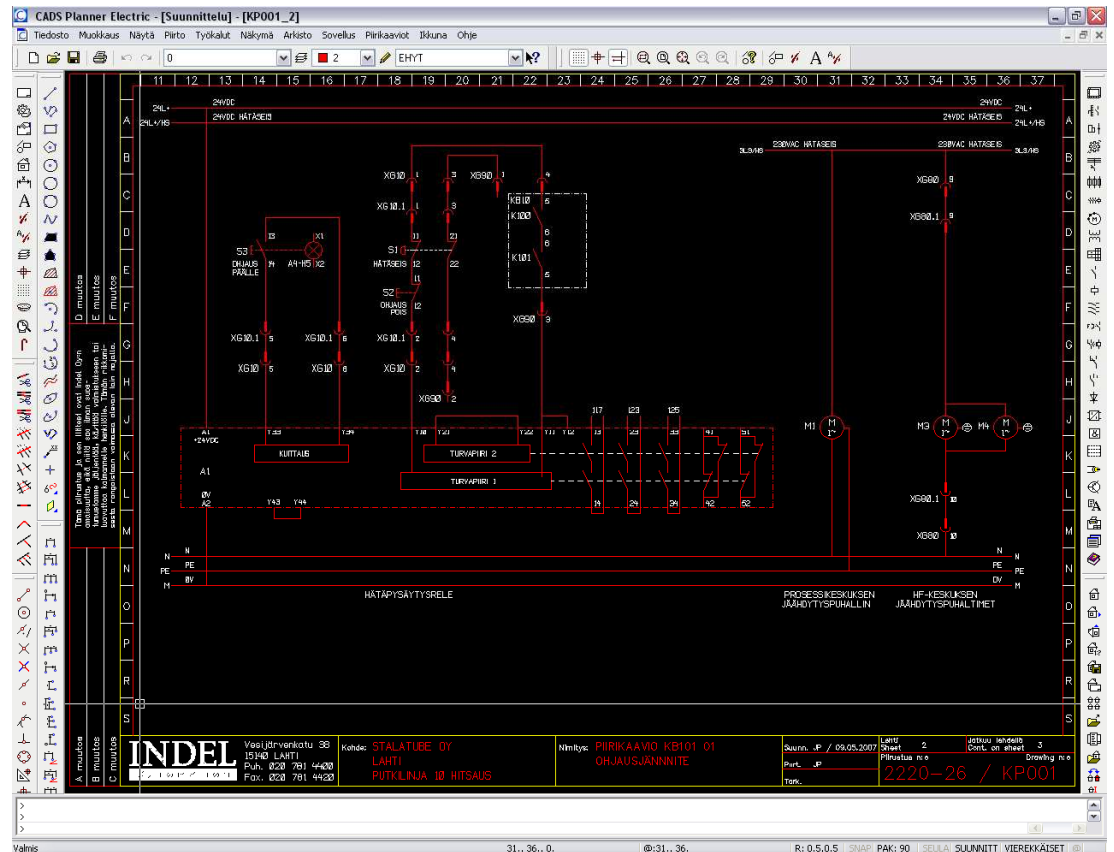
Toisen linjan hitsausjärjestelmän kuvien ja paikan päällä tehtyjen esiselvitysten avulla päästiin aloittamaan sähkökuvien piirtäminen ja muokkaus Indelin käyttämän piirtotekniikan mukaisiksi. Tämän vaiheen alettua, päävastuun sähkökuvien

piirtämisestä otti Indelin sähkösuunnittelija, jota autoin piirtämällä kuvia aina tarpeen mukaan. Suunnittelin kuitenkin itse kaikki keskusten layout kuvat sekä kokosin suurimman osan luetteloista. Lisäksi päivitin kuviin muutokset, kun niitä esiintyi. Päivitin myös putkilinjan sähkökuvat uuden hitsausjärjestelmän osalta. Näitä kohtia olivat tulot ja lähdöt, hitsausjärjestelmän jännitteensyöttö sekä turva-  
piirin lenkki putkilinjan sähkökeskukseen.

Samalla kun sähkökuvat edistyivät, selvitin komponenttien ominaisuuksia ja hoidin niiden tilauksia. Komponenttien valintaan ei tarvinnut kiinnittää huomiota, koska tavoitteena oli käyttää samanlaisia komponentteja muiden linjojen kanssa. Ainoastaan peruskomponenttien osalta käytettiin Indelin yleisesti käyttämiä valmistajia mm. kontaktoreita, releitä ja ohjauskalusteita valittaessa.

#### 6.1.2 Sähkökuvien suunnittelussa käytetty ohjelmisto

Sähkösuunnittelun työkaluna Indelillä käytetään KymDatan CADS Planner Electric- ohjelmistoa. Ohjelmisto kattaa sähkö- ja automaatio-suunnittelun kaikki eri osa-alueet, joita ovat teollisuussähkö- ja automaatio-, keskusten layout- sekä rakennussähkö suunnittelu. Tätä työtä tehdessä ohjelmistosta hyödynnettiin teollisuussähkö- ja automaatio sovellusta sekä keskusten layout piirtämisen mahdollisuutta. Ohjelmistolla olisi mahdollista tuottaa myös taulukot ja luettelot kuvien pohjalta, mutta Indelillä ei näitä ominaisuuksia käytetä, vaan ne tehdään erikseen Microsoft Excelissä tehtyihin valmiisiin pohjiin käsin syöttämällä. Kuviossa 18 on esitetty ohjelman käyttöliittymä, kun hitsausjärjestelmän turvareleen piirikaaviota piirrettiin.



KUVIO 18. CADS Planner Electric ohjelman käyttöliittymän perusnäkyä.

CADS Planner Electric-ohjelmistossa on valmiiksi valikoimissa yleisimmät tarvittavat piirrosmerkit sekä monien eri tunnettujen valmistajien laitetietoja. Ohjelmalla on mahdollista tehdä myös omia piirrosmerkkejä. Indelillä on käytetty ohjelmistoa jo todella kauan, joten suurimmalle osalle erikoisemmista komponenteista on tehty valmiiksi piirrosmerkit, joten tätä projektia tehdessä käytettiin lähinnä valmiita piirrosmerkkejä. Itse piirtäminen on samanlaista kuin muillakin CAD-ohjelmistoilla, kuvat piirretään viiva tai kuvio kerrallaan. Tasot, viivatyytit ja niiden paksuudet sekä värit ovat vapaasti valittavissa.

### 6.1.3 Sähkökuvien piirtäminen

Sähkökuvien pohjana käytettiin putkilinja 8:n hitsausjärjestelmän sähkökuvia, jotka oli suunnitellut saksalainen järjestelmän valmistaja. Kuvat poikkesivat Indelillä käytetystä esitystavasta, joten kuvia voitiin käyttää vain pohjana uuden järjestelmän kuville. Yleensä jokaisella yrityksellä on hieman erilainen tapa esittää sähköpiirustuksia ja jokainen yritys toimittaa kuvat aina omalle standardille piirrettyinä. Saksalaisen valmistajan suunnittelemat kuvat kuitenkin nopeuttivat ja auttoivat piirtämistä huomattavasti, koska nyt ei tarvinnut aloittaa piirtämistä alusta, vaan voitiin ottaa mallia valmiista kuvista. Sähkökuvat olisi jouduttu piirtämään joka tapauksessa uudestaan, koska muiden linjojen hitsausjärjestelmien kuvat ovat vain paperimuodossa.

Kuvien esitystavan eroja voidaan huomata, kun verrataan liitteenä 1 olevaa saksalaisen valmistajan suunnittelemaa logiikan tuloja esittävää kuvaa, liitteenä 2 olevaan Indelin suunnittelemaan vastaavaan kuvaan. Lähtöjen osalta kuvia voidaan verrata liitteen 3 ja liitteen 4 välillä. Ohjausjännitteen jakelua kuvaavan piirikaa-vion ero voidaan nähdä liitteen 5 ja liitteen 6 välillä. Kuvien muuntaminen Indelin käyttämälle esitystavalle oli tärkeää, koska tällöin hitsausjärjestelmän sähkökuvat vastaavat Stalalle muodostunutta standardia. Myös mahdollinen myöhempi hyödyntäminen on huomattavasti helpompaa, kun kuvat ovat jo valmiiksi oikeassa muodossa.

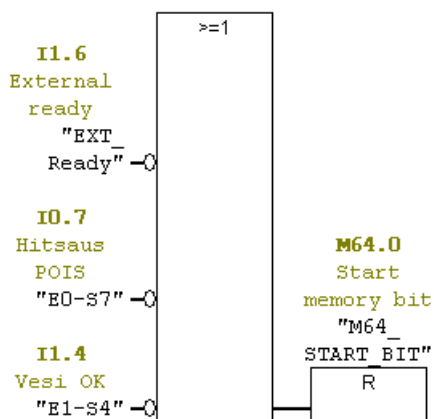
## 6.2 Logiikkaohjelmointi

Tämän hitsausjärjestelmän ohjauksessa käytetään Siemens S7-300-sarjan logiikkaa, joka on käytössä myös muiden linjojen hitsausjärjestelmissä sekä itse putkilinjoissa. Logiikkaohjelmaan tutustuminen alkoi jo ennen sähkösuunnittelun alkua toisen linjan hitsausjärjestelmästä ladatun ohjelman avulla. Ladatun ohjelman avulla voitiin tutustua sen rakenteeseen ja varmistaa, että uudesta ohjelmasta saatiin ohjelmoitua toiminnoiltaan samanlainen. Ladatusta ohjelmasta puuttuivat

kommenttitiedot, joilla voidaan informoida tulo- ja lähtö osoitteista sekä ohjelman rakenteesta. Logiikasta ladatussa ohjelmassa ei ole kommentti tietoja muistissa, vaan ne ovat pelkästään ohjelmointilaitteelle tallennetussa versiossa. Ne eivät lataudu logiikan muistiin ohjelmaa ladatessa sinne. Uudemmissa logiikoissa on mahdollista ladata kommentit muistikortille, josta ne saadaan ladattua takaisin ohjelmointilaitteelle. Tämä auttaa juuri tällaisissa tilanteissa, jossa ohjelmasta ei ole kommentoitua versiota ohjelmointilaitteella. Kuviossa 19 on esitetty esimerkki siitä, miten kommentoinnit ja lähtöjen ja tulojen symboli nimet näkyvät ohjelmassa. Hitsausjärjestelmässä käytetty logiikkaohjelma on liitteenä 7.

**Network 3 : Start memory bit (RESET)**

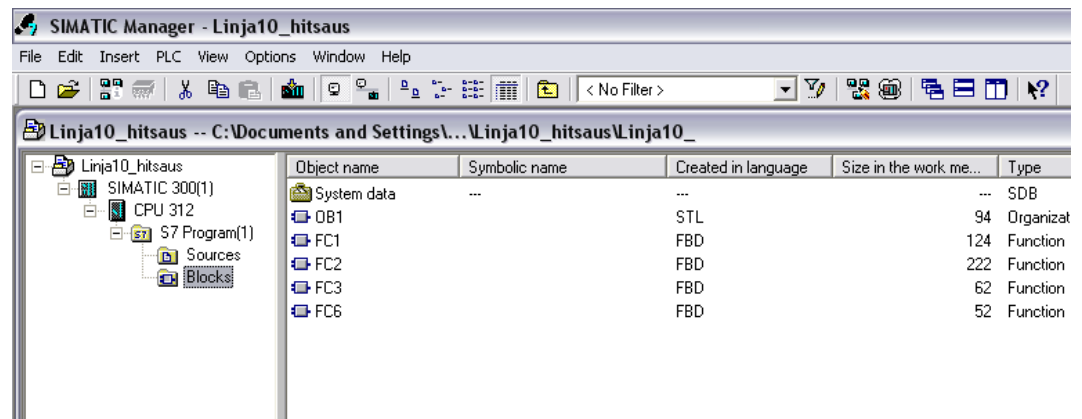
Resetoidaan päällä olon apumuisti



KUVIO 19. Esimerkki ohjelman kommentoinnista, sekä tulojen ja lähtöjen symbolitaulukoon lisäystä informaatiosta

### 6.2.1 Hitsausjärjestelmän logiikkaohjelman rakenne

Kaikki S7-300-sarjan logiikan ohjelmat koostuvat yksiköistä. Tärkeimmät yksiköt ovat organisaatioyksikkö (OB), ohjelmayksikkö (FC) ja toimintayksikkö (FB). Hitsausjärjestelmän ohjelmassa on yksi organisaatioyksikkö ja kuusi ohjelmayksikköä. Kuviossa 20 on esitetty ohjelman yksiköt.



KUVIO 20. Hitsausjärjestelmän ohjelmassa käytetyt yksiköt.

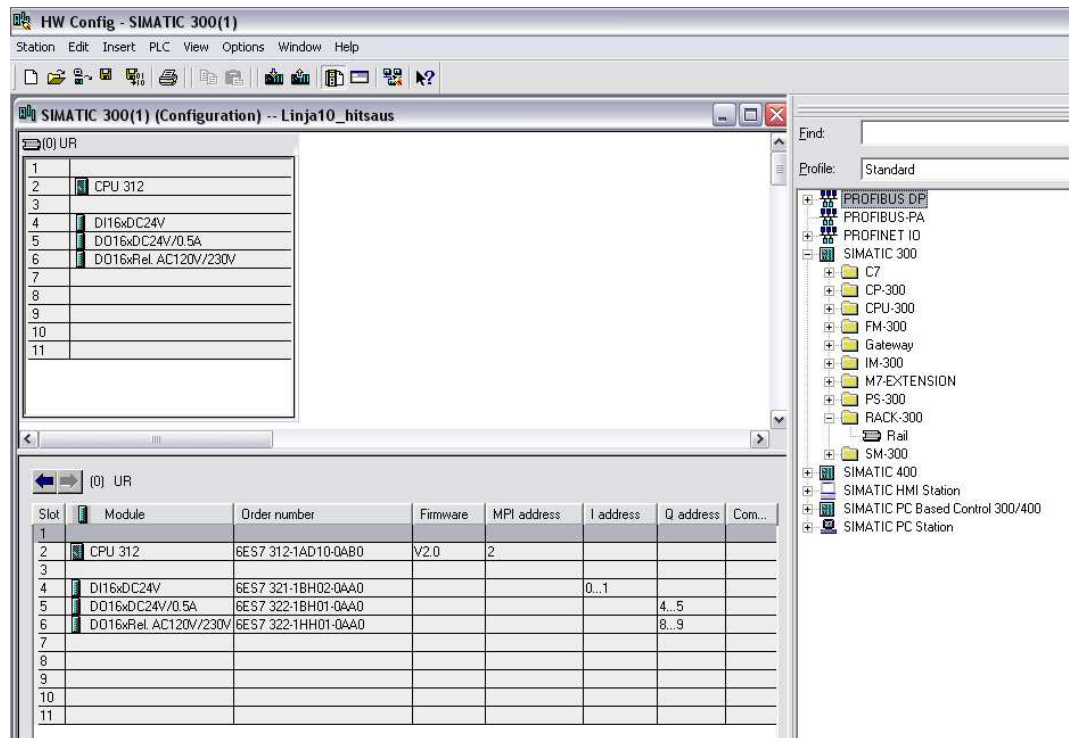
Organisaatioyksikkö on liittymä keskusyksikön käyttöjärjestelmän ja käyttäjän tekemän ohjelman välillä. Organisaatioyksiköihin sijoitetaan muiden yksiköiden kutsuja siihen järjestykseen, jossa yksiköt halutaan kutsuttavaksi. Keskeisin organisaatioyksikkö on OB1. Siihen sijoitetaan niiden yksiköiden kutsut, joihin halutaan syklin mukaan siirtyä. Tässä ohjelmassa OB1:ssä kutsutaan ohjelmayksiköitä niiden numerojärjestyksessä.

Varsinainen käyttäjäohjelma sijaitsee ohjelmayksiköissä. Toimintoja, jotka esiintyvät ohjelmassa useammin kuin kerran, voidaan sijoittaa toimintayksiköihin. Tässä ohjelmassa on käytetty vain ohjelmayksiköitä.

### 6.2.3 Hitsausjärjestelmän logiikan kokoonpano

Hitsausjärjestelmän uutta ohjelmaa tehdessä täytyi määrittellä myös logiikassa kiinni olevat moduulit. Tämän tehdään Siemens S7-300-sarjan logiikassa HW Config-asetuksissa. Ensimmäiseksi lisätään Siemensin oma profiilikisko, jonka

jälkeen lisätään eri moduulit yksi kerrallaan valikosta. Kuviossa 21 on esitetty hitsausjärjestelmän logiikan kokoonpano valmiiksi tehtynä. Lisäksi kuvioista 22 nähdään miltä se näyttää keskuksessa asennettuna.



KUVIO 21. Hitsausjärjestelmän logiikkaohjelmaan tehty HW Config



KUVIO 22. Hitsausjärjestelmän logiikka

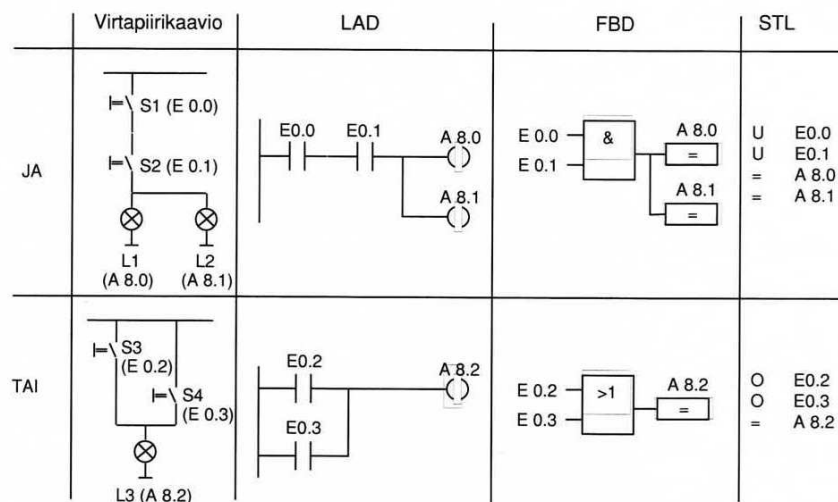
Siemensin S7-300-sarjan logiikka tarvitsee aina 24 VDC virtalähteen, yleensä käytetään Siemensin omaa virtalähdettä. Sitä käytettäessä, asennetaan se keskusyksikön vasemmalle puolelle. Muut moduulit asennetaan keskusyksikön oikealle puolelle. Tässä hitsausjärjestelmässä on eri valmistajan 24 VDC muuntaja, jota käytetään myös logiikan jännitteen syöttöön.

Keskusyksikkönä toimii CPU-312. Se on ominaisuuksiltaan pelkistetty malli. Siinä on riittävästi ominaisuuksia tämän sovelluksen tarpeisiin, mutta liiat on karsittu pois nostamasta keskusyksikön hintaa. Liitteenä 8 on projektissa käytetyn keskusyksikön datalehti.

Kaikki hitsausjärjestelmässä käytetyt lähdöt ja tulot ovat digitaalisia. Logiikan ainoa tulomoduli (16 tuloa) ja ensimmäinen lähtömoduuli (16 lähtöä) ovat S7-300-sarjassa käytettyjä perusmoduuleja, jotka toimivat 24 VDC jännitteellä. Toisen lähtömoduulin 16 lähtöä ovat optoerotettuja, jonka tarve johtuu lähtöjen suorasta kytkemisestä putkilinjan logiikan tuloihin.

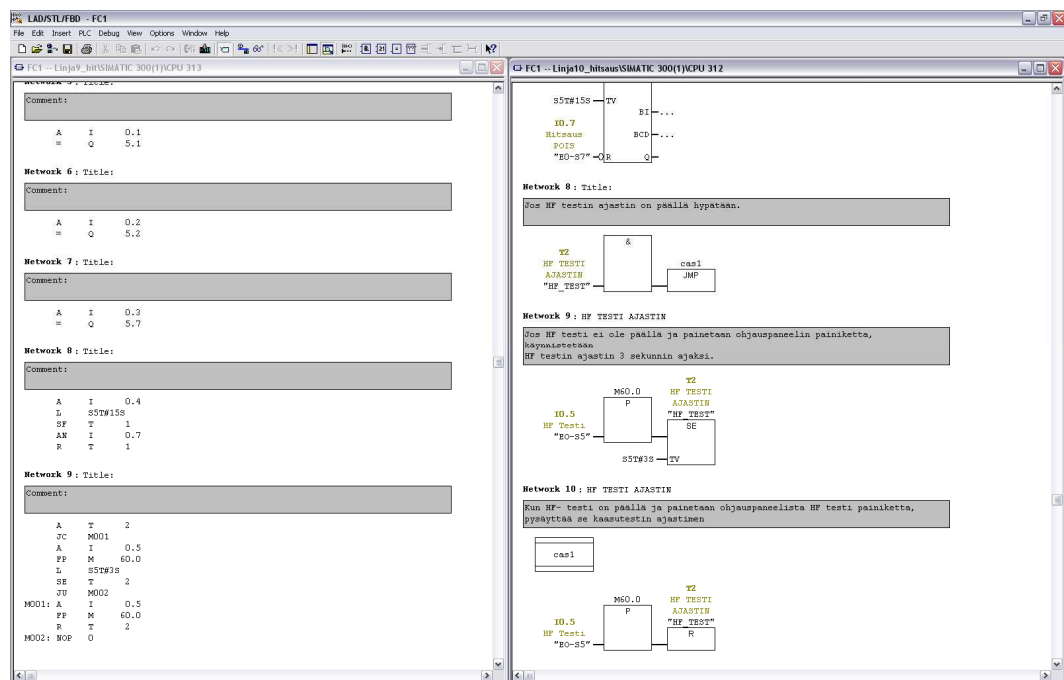
### 6.2.3 Logiikkaohjelman muokkaaminen eri muotoon

Logiikkaohjelmia voidaan ohjelmoida Siemens S7-300-sarjan logiikoissa kolmella eri ohjelmointikielillä. Kaksi yleisintä ovat LAD- ja FBD-kieli. LAD-lyhenne tarkoittaa tikapuukaaviota, joka muistuttaa esitystavaltaan paljon teollisuuden sähköpiirikaaviota. FBD-lyhenne tarkoittaa toimilohkokaaviota, jossa ohjelma koostuu toisiinsa liitetystä toimintoja suorittavista funktioista ja niiden suorittamisen ehdoista. Kolmas käytettävä ohjelmointikieli on STL-kieli, joka on tekstipohjainen. Se koostuu peräkkäisistä omilla riveillään olevista käskyistä. Ohjelman suoritusjärjestys on siinä ylhäältä alas, josta voidaan tosin poiketa hyppykäskyin. Kuviossa 23 on esitetty eri ohjelmointikielten pääperiaate yksinkertaista virtapiirikaaviota vastaavana.



KUVIO 23. Eri ohjelmointikielten esitystavan erot

Muiden putkilinjojen hitsausjärjestelmien logiikkaohjelmat on ohjelmoitu kokonaan käyttäen STL-kieltä, joten sen toimintaperiaatteen selvittämiseen kului enemmän aikaa, kuin normaalisti. Uusi ohjelma päätettiin muokata ymmärrettävämpään muotoon, jotta tulevaisuudessa sen lukeminen olisi helpompaa. Paremminkin ymmärrettävä ohjelma auttaa vikatilanteissa selvittämään vikaa huomattavasti nopeammin. Indelillä yleisin käytössä oleva ohjelmointikieli on FBD, joten uuden hitsausjärjestelmän ohjelma ohjelmoitiin siihen muotoon. Työtä helpotti lähtöjen ja tulojen osoitteiden pysyminen samoina, kuin muissakin järjestelmissä. Kuviossa 24 on esitetty esimerkki miten ohjelmaa on muokattu helpommin ymmärrettäväksi verrattuna muiden linjojen ohjelmiin.



KUVIO 24. Uuden hitsausjärjestelmän ohjelma nähdään oikealla ja vasemmalla toisen linjan järjestelmän ohjelma.

### 6.3 Projektin hoitaminen

Projektin eri komponenttien tilaukset sekä niiden teknisten tietojen selvitys, hoidettiin ottaen yhteyttä suoraan komponenttien valmistajiin tai edustajiin. Indel ei toimittanut kaikkia komponentteja, vaan myös Stala ja keskusvalmistaja toimittivat osan komponenteista.

Suurin osa komponenteista saatiin tilattua suomalaisilta toimittajilta, mutta Current Adjustbox, käynnistysrampin muodostamiseen tarkoitetun IM31 ja 10 V muuntaja täytyi tilata saksalaisilta toimittajilta. Current Adjustbox ja 10 V muuntaja ovat putkilinjan saksalaisen valmistajan omia komponentteja sekä käynnistysrampin komponentti on erään toisen saksalaisen valmistajan tuote. Käynnistysrampin muodostavan komponentin tilalla olisi voitu käyttää myös toista vastaavaa komponenttia, mutta koska oli päätetty käyttää samoja komponentteja kuin muissa linjoissa, pidettiin siitä päätöksestä tässäkin kiinni. Komponentti oli helposti saatavilla, joten se ei aiheuttanut ongelmia.

Kaikkien komponenttien tilauksien jälkeen täytyi huolehtia, että ne saadaan ajoissa keskusvalmistajalle, jotta keskusvalmistaja pystyy toimittamaan keskuksen ajoissa Stalalle. Stalan toimittavat osat toimitettiin jo aikaisessa vaiheessa keskusvalmistajalle yhdessä Saksasta tilattujen osien kanssa. Tämän lisäksi piti sopia Stalan kanssa heille sopiva käyttöönottopäivämäärä ja huolehtia sähkökeskusten saapumisesta Stalalle hyvissä ajoin ennen käyttöönottopäivämäärää.

## 6.4 Käyttöönotto

Käyttöönotosta oli sovittu, että se kestää kokonaisuudessaan viikon, sisältäen vanhan järjestelmän purkamisen. Stalan työntekijät ja sähköasentajat purkivat vanhan hitsausjärjestelmän ja siihen liittyvät komponentit heti käyttöönoton alettua. Uusiin hitsaukseen liittyvien mekaanisten osien asennus kesti hieman odotettua pidempään, joten uutta järjestelmää päästiin käyttöönottomaan järjestelmää vasta viimeisenä sovittuna seisokkipäivänä. Uuden hitsausjärjestelmän sähkökeskukset olivat saapuneet jo hyvissä ajoin ennen niille sovittua toimituspäivää sekä sähkökuvat oli myös toimitettu Stalan sähköasentajille heti niiden valmistuttua, jotta he pystyivät tekemään etukäteen kaiken ennen käyttöönottoa tehtävän työn.

Käyttöönoton ensimmäinen ongelma esiintyi kun sähköjä kytkettiin päälle KB101 ohjauskeskukseen. Turvarele ei pysynyt päällä vaan antoi virheilmoitusta, turvareleen ohjeista ilmeni, että vika johtui turvapiirin ja maan välisestä yhteydestä. Vika johtui putkilinjan pääkeskukseen menevästä lenkistä, jossa yksi riviliitin oli asennettu väärin päin ja se osui suoraan maadoitusriviliittimeen. Vian selvittyä sähköt saatiin kytkettyä päälle ja oli mahdollista ladata ohjelma logiikkaan.

Ohjelman lataamisen jälkeen testattiin kaikki tulot ja lähdöt, jotta ne on kytketty oikeisiin osoitteisiin. Ne tuntuivat menevän ristiin joissakin kohdissa ja asiaa tarkemmin selvityksessä ilmeni, että välikaapeleiden pikaliittimet olivat kytketty väärin ja se aiheutti väärät tilatiedot. Onneksi mitkään komponentit eivät vaurioituneet tästä kytkentävirheestä. Näiden kytkentöjen korjaamisen jälkeen kaikki tulot ja lähdöt toimivat oikein.

Osoitteiden ollessa oikein, alkoi järjestelmän testaaminen. Hitsaus ei käynnistynyt ensimmäisellä yrityksellä. Vikaa selvitettiin käymällä kytkentöjä läpi, mutta niistäkään ei löytynyt mitään aluksi virheitä. Hetken kuluttua järjestelmää kokeiltiin säätämällä hitsausvirtaa käsin itse virtalähteestä, jolloin hitsaus lähti käyntiin. Linjakin reagoi oikein tilanteeseen ja lähti liikkeelle. Tämän tiedon avulla saatiin paikallistettua vika kauko-ohjauksella suoritettavaan virran säätöön. Vian syytä ei saatu heti selville ja näin ollen käyttöönottoa jouduttiin jatkamaan vielä seuraavalle päivälle.

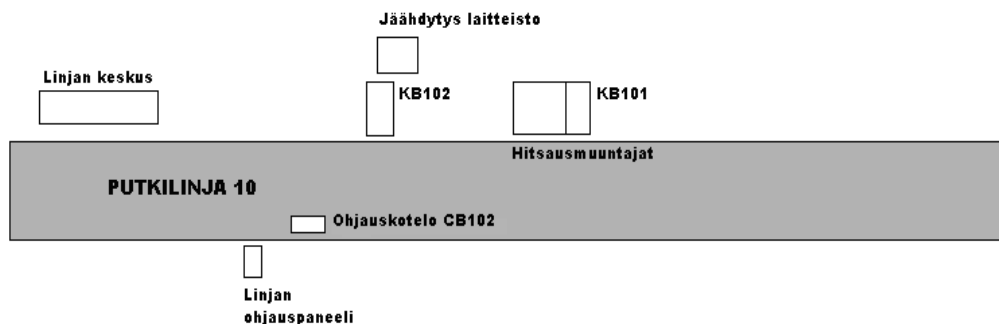
Seuraavana päivänä vikaa tutkittiin käymällä kytkentöjä läpi. Vika löytyi keskusvalmistajan väärin kytkemistä hitsausvirran säätöön tarkoitettuista potentiometreistä. Kaikki kolme potentiometriä oli kytketty väärin ja tästä johtuen virtalähteen kauko-ohjaus ei toiminut, vaan se antoi koko ajan nolla-arvoa hitsausvirralle. Kun kytkennät oli saatu korjattua, toimi ohjauspaneelista tapahtuva hitsausvirran säätö oikein ja hitsaus saatiin käyntiin. Tämän jälkeen hitsaus toimi, mutta linja ei lähtenyt eteenpäin vaikka hitsaus oli käynnissä. Tätä tilannetta ei saa tapahtua, koska muuten putkeen palaa reikä. Linjan paikallaan pysyminen johtui siitä, että linjan logiikalle ei mennyt tietoa siitä, että hitsaus oli käynnissä. Hitsauksen käyntitiedon puuttuminen johtui Current Adjustboxeista, joiden säätöjen vuoksi tunnistettavan hitsausvirran alarajaa ei saavutettu. Tunnistettavaa virtarajaa pienentämällä saatiin ne tunnistamaan jo muutaman kymmenen ampeerin virta. Sen jälkeen saatiin linja käynnistymään hitsauksen ollessa käynnissä. Samat säädöt suoritettiin kaikille kolmelle polttimelle, jonka jälkeen järjestelmä saatiin toimimaan moitteettomasti

Käyttöönoton jälkeen sähkökuvat päivitettiin ja toimitettiin Stalalle kansio sähkökuvista sähkökeskukseen.

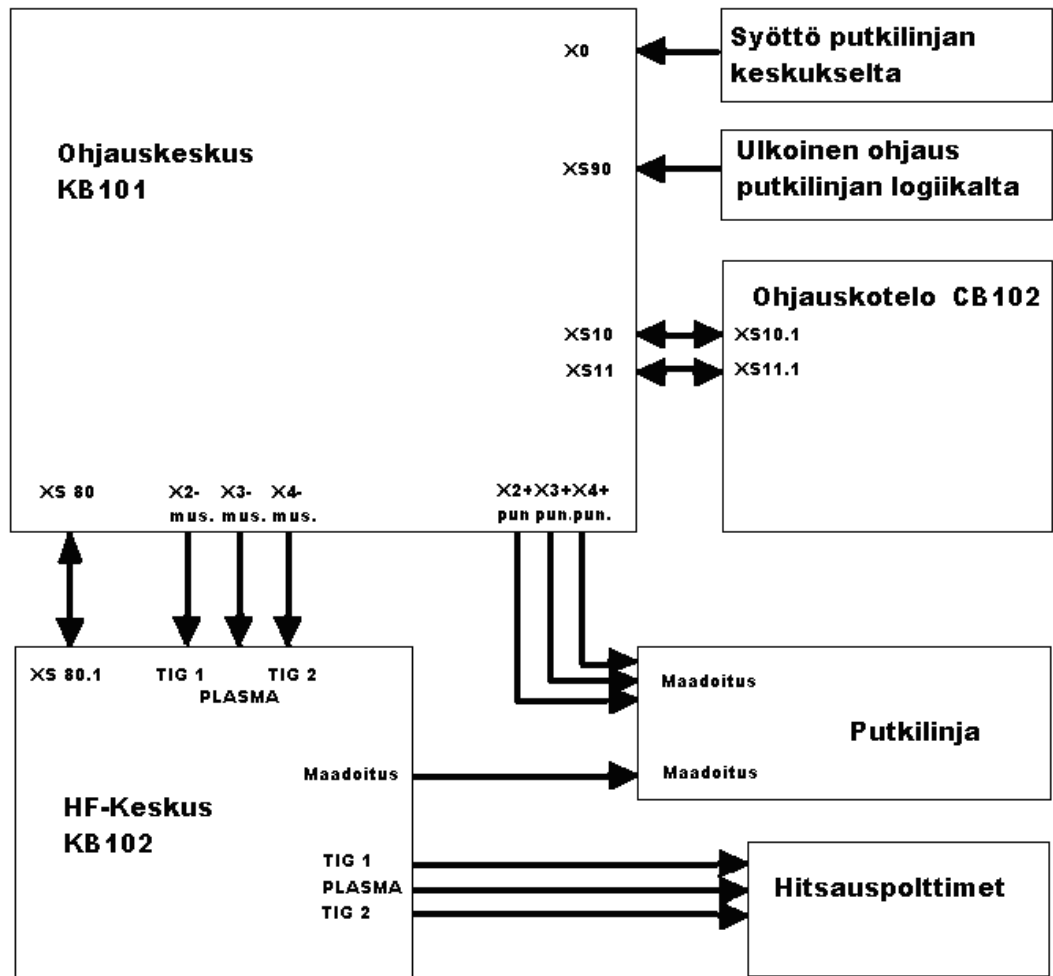
## 7 UUSI HITSAUSJÄRJESTELMÄ

### 7.1 Laitteiston kokoonpano

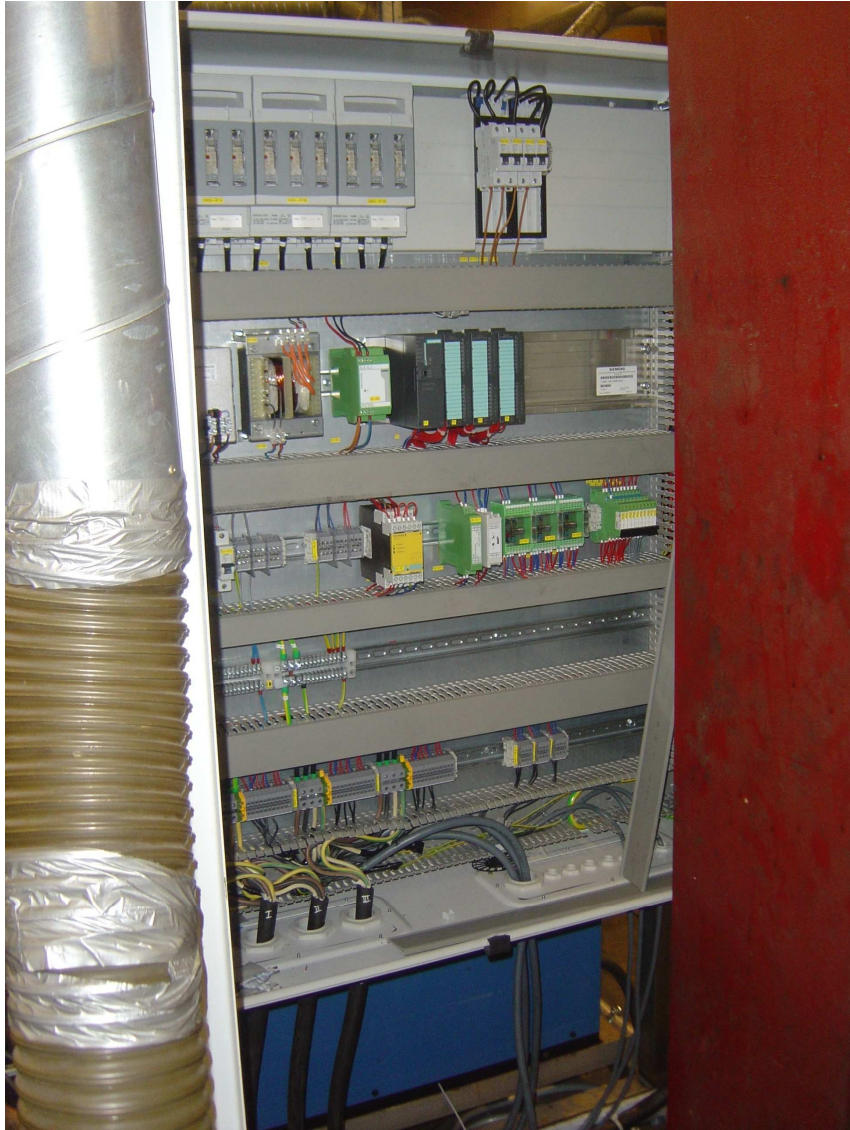
Uusi hitsausjärjestelmä koostuu kahdesta keskuksesta ja yhdestä ohjauskotelosta. Sähkökeskuksen tunnus on KB101 ja se sisältää myös hitsausjärjestelmän logiikan, keskus nähdään kuviossa 27. Toinen keskus on HF-keskus KB102 ja se sisältää hitsauksen valokaaren sytyttämiseen tarvittavat HF-sytyttimet, jokaiselle hitsausmuuntajalle omat kelat, jäähdytysveden paineventtiilin sekä hitsauskaapeleiden ja jäähdytysvesiletkujen liitännät. HF-keskus KB102 keskus on esitetty kuviossa 28. Ohjauskotelossa CB102 on järjestelmän ohjaukseen ja hallintaan liittyvät komponentit, jotka nähdään kuviossa 29. Kuviosta 25 voidaan nähdä järjestelmän osien sijoittuminen putkilinjalle ja kuviossa 26 niiden väliset johdotukset.



KUVIO 25. Hitsausjärjestelmään liittyvien sähkökeskuksien sijainnit



KUVIO 26. Eri keskuksien välillä kulkevat johdotukset



KUVIO 27. Ohjauskeskus KB101:n sisältö



KUVIO 28. HF-Keskus KB102:n sisältö



KUVIO 29. Ohjauspaneeli CB102 sekä sen vieressä sijaitsevat hitsaukseen liittyvät säätimet

## 7.5 Hitsausjärjestelmän komponentit

### 7.5.1 Yleistä

Hitsausjärjestelmän komponenteista esitellään seuraavaksi vain muutamia hieman erikoisempia komponentteja, joita sähkökeskuksissa käytettiin. Sähkökeskusten peruskomponenteista ei tässä yhteydessä kerrota, joita ovat esimerkiksi kontaktorit, releet tai sulakkeet.

### 4.5.2 Käynnistysramppi IM31

Tällä komponentilla saadaan luotua erilaisia rampeja jännitteeseen, jota tässä tapauksessa käytetään käynnistettäessä hitsausta. Hitsauksen käynnistyessä, virta-arvo ei suoraan nouse CB102 potentiometrillä asetettuun arvoon, vaan se nousee tällä komponentilla asetetun rampin mukaisesti asetettuun virta-arvoon pienellä viiveellä.

Komponentti toimii 24 VDC jännitteellä ja se voidaan asentaa normaaliin DIN TS35 kiskoon. Sisääntulojännitteeksi tuodaan 0-10 V ja tästä riippuen ulostulojännite on myös 0-10 V. Rampin aika voi olla 0,5-30 s. Nouseva tai laskeva ramppi saadaan muodostettua erikseen kahdella komponentissa olevalla potentiometrillä. Ulostulo voidaan asettaa 0-tilaan millisekunnissa yhdistämällä siihen tarkoitettut liittimet, jolloin esim. ”häätä-seis” -painikkeella saadaan katkaistua toiminta. Negatiivisella sisääntulojännitteellä ramppien säätö muuttuu peilikuvaksi. Liitteenä 9 on komponentin kytkentä hitsausjärjestelmässä.

#### 4.5.3 Current Adjustbox V2.0

Tämä komponentti on linjan saksalaisen toimittajan itse valmistama ja ainoa siihen liittyvä dokumentti on liitteenä 11 oleva sivu. Komponentilla on mahdollista tunnistaa virtarajoja ja nyt sitä käytetään tunnistamaan hitsausmuuntajan käyttämä virta. Näin saadaan putkilinja käynnistettyä eteenpäin hitsauksen käynnistyttyä.

Komponentissa on kolme potentiometriä, joista ensimmäisellä säädetään alinta virrantunnistuspistettä. Ohjeessa sanotaan, että alin tunnistuspiste on 80A, mutta käytännössä kiertämällä tarpeeksi potentiometriä yli annetun ohjeen, tunnistaa se myös alemmat virrat. Kun virta on tunnistettu, syttyy punainen LED valo ja liittimien 12 ja 14 välinen kosketin sulkeutuu. Tältä kärkitiedolta saadaan tieto hitsauksen käynnistymisestä linjan logiikalle. Liitteenä 10 on esitetty komponentin kytkentä järjestelmässä. Toinen potentiometri säätäisi ulkoisen putkilinjalle tarkoitetun näytön arvoa, mutta sitä ei Stalalla käytetä. Kolmannella potentiometrillä saadaan säädettyä ohjauspaneelin mittareiden vääristymää. Tämä voidaan suorittaa säätämällä hitsausvirta esim. 300 A mittaamalla arvo virtamittarilla ja tämän jälkeen säätämällä potentiometrillä ohjauspaneelin mittarin arvo näyttämään samaa. Tämän jälkeen tulee vielä tarkastaa virta-arvo 150 A kohdalla.

#### 4.5.4 LEM mittamuuntaja LT505-S

Tämän komponentin kohdalla olisi voitu käyttää myös muiden valmistajien tuotteita, mutta turvauduttiin kuitenkin samanlaiseen komponenttiin kuin muissa linjoissa yhteensopivuuden takia. Lisäksi komponentille löytyi suomalainen toimittaja ja näin ollen saatavuuskaan ei ollut ongelma.

Mittamuuntajan tehtävä on sovittaa korkeat virrat ja jännitteet mm. mittalaitteille. Tässä sovelluksessa se muuntaa mitattavaa jännitettä 4-20 mA viestiksi ohjauspa-

neelissa sijaitseville jännitemittareille. Mittamuuntimessa käytetään +24 VDC toimintajännitettä. Mittamuuntimen kytkentä järjestelmässä esiintyy samassa sähkökuvassa kuin Current Adjustbox, liitteessä 10.

#### 4.5.5 HF-Sytytin

Komponenttiin tuodaan 42 VAC muuntajalta syöttöjännite. Tällöin se antaa kipinää, jolla saadaan sytytettyä hitsauksen valokaari. Komponentista ei ole tarkempaa datalehteä tai ominaisuuksia saatavilla. Stala toimitti kyseiset komponentit itse. HF-sytytystä voidaan ohjata ohjauspaneelista ”HF-Testi” -painikkeelta, jolloin kipinää annetaan tietyn aikaa. Hitsausta käynnistettäessä kipinää annetaan niin kauan kunnes on tunnistettu valokaaren syttyminen Current Adjustboxilla. Komponentin kytkentä järjestelmässä on esitetty liitteessä 11.

## 8 YHTEENVETO

### 8.1 Opinnäytetyön lähtökohta

Opinnäytetyön aiheena oli uusia Stalan putkilinja 10:n hitsausjärjestelmä vastamaan muiden putkilinjojen järjestelmiä. Vanha järjestelmä oli huonokuntoinen ja vikaantuessaan varaosia ei olisi ollut saatavilla. Vikaantuessa varaosien puute olisi johtanut putkipalkin valmistamisen pysähtymiseen linjalla.

Työn lähtökohtana pidettiin, että suunniteltava järjestelmä vastaa kaikilta komponenteiltaan ja ohjaukseltaan muiden putkilinjojen olemassa olevia järjestelmiä. Kaikkien järjestelmien ollessa samanlaisia, varastossa pidettävien komponenttien määrä pienenee ja vikatilanteissa vian etsintäkin on helpompaa, kun ei ole erilaisia versioita järjestelmistä. Opinnäytetyön suurimpia tehtäviä olivat järjestelmän komponenttien tilaaminen ja ominaisuuksien selvittämien, logiikkaohjelmointi ja

käyttöönotto. Lisäksi tutkintotyöhön kuului sähkösuunnittelua, jossa suunnittelun vastuu jakaantui.

## 8.2 Opinnäytetyön eri työvaiheet

Sähkösuunnittelu oli ensimmäinen osuus projektin alkaessa. Se olisi ollut haastavaa suorittaa itsenäisesti, mutta se suoritettiin yhdessä Indelillä toimivan sähkösuunnittelijan kanssa. Osuuden yhdessä suorittamisen hyvänä puolena oli se, että sain todella hyvin ohjausta sähkökuvien piirtämisestä ja suunnittelusta. Itsenäisesti suoritettuna järjestelmän sähkökuvien piirtämiseen olisi mennyt paljon enemmän aikaa, koska aikaisempaa kokemusta ei ollut kovinkaan paljon. Lisäksi pystyin nyt hoitamaan projektin muita asioita, kuten komponenttien ominaisuuksien selvittämistä sekä niiden tilaamista, samalla kun sähkökuvat edistyivät Indelin suunnittelijan toimesta. Sähkökuvien piirtämistä helpottivat tässä projektissa todella paljon toisen linjan hitsausjärjestelmästä löytyneet kuvat, jotka muutettiin vastaamaan Indelillä käytettävää esitystapaa. Kuvien piirtämisessä käytettiin Kymdatán CADS Planner Electric-ohjelmistoa.

Eri komponenttien tilaaminen tapahtui sitä mukaan kun sähkösuunnittelu eteni ja tarvittavat komponentit selvisivät. Hitsausjärjestelmän komponentteina käytettiin samoja komponentteja, kuin muissakin linjoissa, mutta sähkökeskuksien peruskomponentit valittiin Indelin käyttämien mallien perusteella. Jälkikäteen ajateltuna osan muistakin komponenteista, kuten mittamuuntimet ja käynnistysrampin muodostavan komponentin, olisi voitu tilata eri valmistajilta ja vertailla hintoja niiden välillä. Sähkösuunnittelussa nämä erot olisi täytynyt ottaa huomioon ja muokata enemmän alkuperäisiä kuvia. Seuraavaa järjestelmää suunniteltaessa tämä olisi mielestäni käyttökelpoinen vaihtoehto kustannuksien kannalta, jos järjestelmä menee muualle kuin Stalalle, mutta Stalalle komponenttien yhteensopivuuden takia on minun mielestä vieläkin paras ratkaisu käyttää samoja komponentteja. Nyt Stalan ei tarvitse pitää varastossa varaosia useampiin erilaisiin

järjestelmiin, joka nostaisi varaston arvoa, vaan nyt voidaan käyttää samoja komponentteja kaikkiin linjoihin. Komponentteja valittaessa ja niitä tilattaessa sain hyvää kokemusta projektin hoitamisesta.

Logiikkaohjelmointi oli tärkeä osa järjestelmän toiminnan ymmärtämisen kannalta, koska siitä ei ollut tietoa projektin alussa. Toisen linjan logiikalta ladatun ohjelman avulla pystyin päättämään miten koko järjestelmän ohjaus toimii muissa linjoissa. Ohjelmaan tutustumiseen kului aikaa, koska alussa tutustuin pelkästään käytetyn logiikan ohjelmointiperiaatteeseen, sillä se oli vieras itselle. Tämän hitsausjärjestelmän ohjelman rakennetta muutettiin helpommin luettavaan muotoon verrattuna muiden linjojen ohjelmiin, jolloin se nopeuttaa vikatilanteessa häiriön etsimistä.

Käyttöönotto tapahtui itsenäisesti ja siinä ei ollut suuria ongelmia, vain uuden järjestelmän mekaanisen asennuksen viivästyminen ja muutamat kytkentävirheet hidastivat ja siirsivät linjan tuotantoon palaamista yhdellä päivällä. Tämä oli silti sovitun aikataulun sisällä ja sen vuoksi ongelmia ei syntynyt. Kaikkiin käyttöönoton työvaiheisiin oli valmistauduttu jo hyvin etukäteen, joten työ sujui suunnitellusti.

### 8.3 Opinnäytetyön onnistumisen arviointi

Stala ja Indel ovat olleet tyytyväisiä järjestelmään ja sen toimivuuteen, koska siinä ei ole ilmennyt käyttöönoton jälkeen minkäänlaisia ongelmia. Työ onnistui myös minun mielestäni erittäin hyvin ja tavoitteisiin päästiin ilman suuria ongelmia. Indel on hyötynyt projektista myös siltä osin, että nyt heillä on enemmän tietoa linjojen hitsausjärjestelmistä saatavilla, joka auttaa mahdollisissa vikatilanteissa.

Lisäksi tästä on apua putkilinjan kunnossapidon kannalta, kun tiedetään myös hitausjärjestelmän toiminnasta enemmän.

Tulevista projekteista, joissa tätä työtä voitaisiin hyödyntää pohjana, ei tietoa. Järjestelmän muokkaaminen eri tarpeisiin onnistuu melko helposti sekä komponentteja voitaisiin tarpeen mukaan vaihtaa huomattavasti pienemmällä työllä kuin suunnitteleamalla kokonaan uusi järjestelmä.

#### 8.4 Oman tietotaidon kehitys työn aikana

Opinnäytetyön alkaessa tämän projektin eri työvaiheet olivat tulleet tutuiksi vain opiskellessa tehtyjen harjoitusten kautta. Onneksi minulle annettiin hyvin aikaa tutustua toisten linjojen logiikkaohjelmiin ja tätä kautta sain tutustuttua paremmin järjestelmässä käytettyyn Siemens S7-300 logiikan ohjelmointiin. Ohjelmaa muokatessa opettelin eri logiikkaohjelmointityylejä. Aikaisemmin olin tutustunut vain tikapuukaaviolla muodostettuihin ohjelmiin, mutta nyt täytyi opetella myös käskylista- ja lohkokaaavio esitysmuoto. Indelillä on ohjelmissa tapana käyttää lohkokaaavio esitysmuotoa ja tämän takia ohjelma oli parasta muokata vastaamaan tätä tapaa. Yhdessä järjestelmän sähkökuvien kanssa, ohjelman toiminnasta sai muodostettua selvän kokonaisuuden ja se auttoi paljon ymmärtämään ohjelman rakennetta.

Avustaessani sähkökuvien piirtämisessä Indelin sähkösuunnittelijaa, sain todella paljon ohjausta ja neuvoja miten sähkökuvia tulisi piirtää ja miten asiat esitetään kuvissa. Tämän kautta sain hyvää kokemusta niiden piirtämisestä ja esitystavasta. Kuvien piirtämisessä käytettyyn CADS Planner Electric-ohjelmaan olin tutustunut jo aikaisemmin, joten sen opetteluun ei tarvinnut käyttää aikaa.

Käyttöönotto oli haastava suorittaa itsenäisesti ja silloin tunsin todella olevani vastuussa hitsausjärjestelmän toimintaan saamisesta, koska putkilinjalla ei pystytty valmistamaan putkea ennen kuin käyttöönotto oli suoritettu ja hitsausjärjestelmä saatu toimintaan. Tämän vaiheen suorittamisesta itsenäisesti on varmasti hyötyä tulevaisuudessa ja auttaa ymmärtämään, että käyttöönottoon on syytä valmistautua todella hyvin, jotta se sujuu mahdollisimman nopeasti, mutta kaikkiin ongelmiin ei ole mahdollista valmistautua etukäteen.

## LÄHTEET

Kyröläinen, A. & Lukkari, J. 2002. Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus. 2. painos. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Lepola, P. & Makkonen, M. 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. 1. painos. Porvoo: WSOY.

LSK-yhtiöt. Täyden palvelun sähkötalo [verkkójulkaisu]. LSK-Konserni [viitattu 15.4.2008] Saatavissa: <http://www.lsk.fi>

Lukkari, J. 2002. Hitsaustekniikka: Perusteet ja kaarihitsaus. 4. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

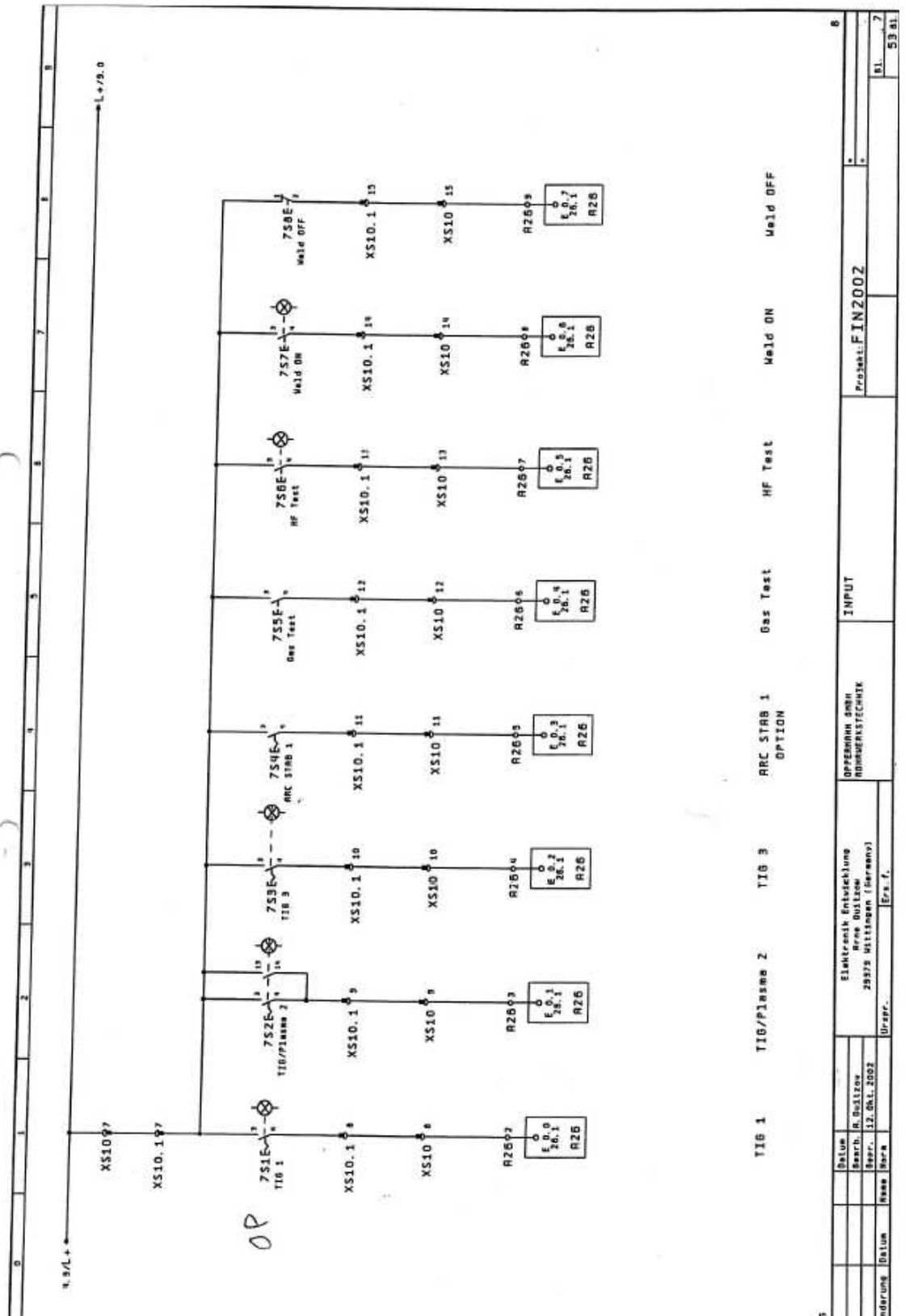
Siemens 2000. SIMATIC S7-300 Programmable Controller: First Steps for Installation and Commissioning.

Stalatable. [verkkójulkaisu]. Stalatable stainless steel hollow sections. [viitattu 28.3.2008]. Saatavissa: <http://www.stalatable.fi>

## LIITTEET

- LIITE 1: Saksalaisen valmistajan sähköpiirustus tuloista
- LIITE 2: Indelin sähköpiirustus logiikan tuloista
- LIITE 3: Saksalaisen valmistajan sähköpiirustus lähdöistä
- LIITE 4: Indelin suunnittelema sähköpiirustus lähdöistä
- LIITE 5: Saksalaisen valmistajan sähköpiirustus ohjausjännitteen jakelusta
- LIITE 6: Indelin suunnittelema sähköpiirustus ohjausjännitteen jakelusta
- LIITE 7: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma
- LIITE 8: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti
- LIITE 9: IM31 sähköpiirustus
- LIITE 10: Current Adjustboxin ja Mittamuuntajan sähköpiirustus
- LIITE 11: HF-sytyttimen sähköpiirustus

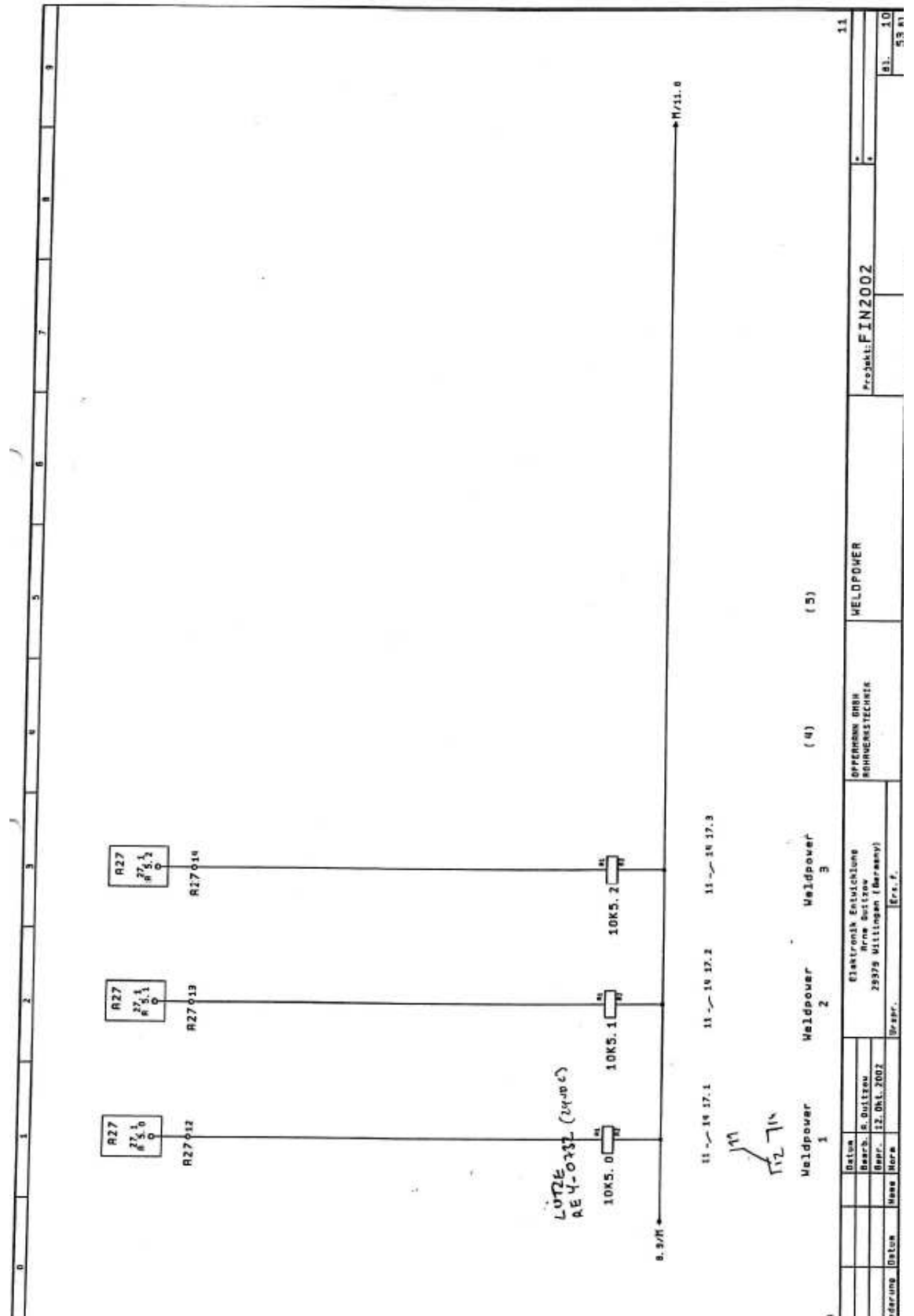
LIITE 1: Saksalaisen valmistajan sähköpiirustus tuloista



Ursk.		Erstf.		Projekt: FIN2002		Bl. 2	
Date		Elektronik Entwicklung		INPUT		8	
Bearb. J.R. Quilzer		Arc-Quilzer		OFFERMAN SHH			
Bearb. 12.01.2002		29375 Hiltlengen (Hermann)		ROHMERS-TECHNIK			
Name		Ursk.		Erstf.		Bl. 53 Bl.	



LIITE 3: Saksalaisen valmistajan sähköpiirustus lähdöstä









# LIITE 7/1: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC Linja10\_hitsaus\ 03/25/2008 02:58:42 PM  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\OB1 - <offline>

## OB1 - <offline>

```

""
Name:                               Family:
Author:                              Version: 0.1
                                      Block version: 2
Time stamp Code:                    03/25/2008 01:47:38 PM
Interface:                           02/15/1996 04:51:12 PM
Lengths (block/logic/data): 00176 00058 00022
    
```

Name	Data Type	Address	Comment
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Network: 1

Kutsutaan fc:t

```

CALL FC 1
CALL FC 2
CALL FC 3
CALL FC 6
    
```

## LIITE 7/2: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0 hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC1 - <offline>

03/25/2008 02:56:43 PM

### FC1 - <offline>

```

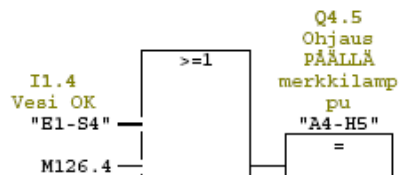
""
Name:                               Family:
Author:                              Version: 0.1
                                      Block version: 2
Time stamp Code:                    03/25/2008 02:34:21 PM
                                      Interface: 05/11/2007 12:16:01 PM
Lengths (block/logic/data): 00202 00088 00000
    
```

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC1

Network: 1 Ohjaus päällä

Ohjaus päällä merkkilamppu CB102 syttyy kun tunnistetaan, että veden paine on ok. M126.4 tehdään 1 sekunnin pulssi.



#### Symbol information

I1.4	E1-S4	Vesi OK
Q4.5	A4-H5	Ohjaus PÄÄLLÄ merkkilamppu

# LIITE 7/3: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

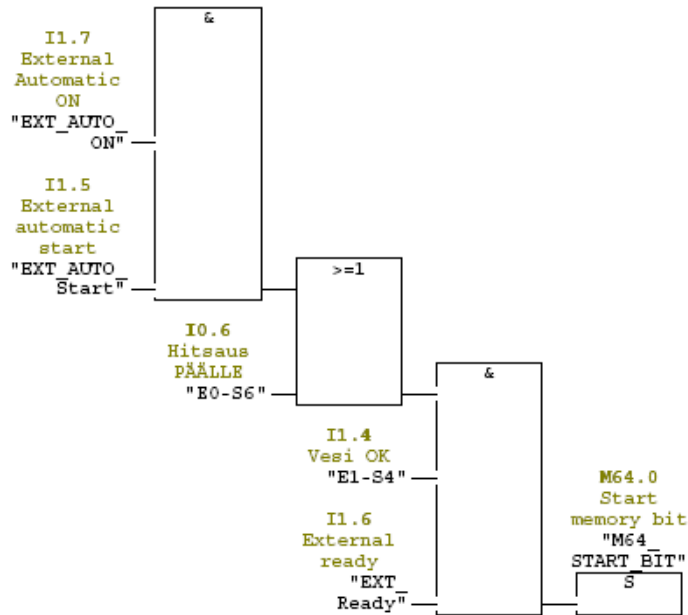
SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC1 - <offline>

03/25/2008 02:56:43 PM

Network: 2 Start Memory bit (SET)

Asetetaan käynnistyksen apumuisti päälle

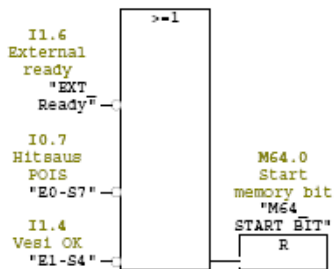


### Symbol information

I1.7	EXT_AUTO_ON	External Automatic ON
I1.5	EXT_AUTO_Start	External automatic start
I0.6	E0-S6	Hitsaus PÄÄLLE
I1.4	E1-S4	Vesi OK
I1.6	EXT Ready	External ready
M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit

Network: 3 Start memory bit (RESET)

Resetoidaan päällä olon apumuisti



## LIITE 7/4: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC1 - <offline>

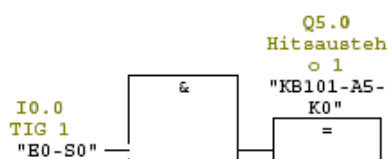
03/25/2008 02:56:43 PM

### Symbol information

I1.6	EXT_Ready	External ready
I0.7	E0-S7	Hitsaus POIS
I1.4	E1-S4	Vesi OK
M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit

Network: 4      Rele 10K5.0, Weldpower 1

Ohjauspaneelin TIG 1 kytkimellä asetetaan TIG 1:n lähtö päälle

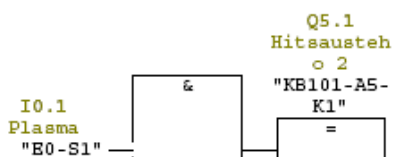


### Symbol information

I0.0	E0-S0	TIG 1
Q5.0	KB101-A5-K0	Hitsausteho 1

Network: 5      Rele 10K5.1, Weldpower 2

Ohjauspaneelin Plasma kytkimellä asetetaan TIG 1:n lähtö päälle

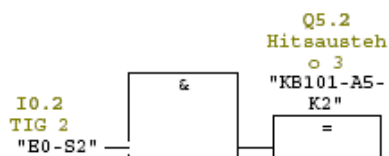


### Symbol information

I0.1	E0-S1	Plasma
Q5.1	KB101-A5-K1	Hitsausteho 2

Network: 6      Rele 10K5.2, Weldpower 3

Ohjauspaneelin TIG 2 kytkimellä asetetaan TIG 1:n lähtö päälle



### Symbol information

I0.2	E0-S2	TIG 2
Q5.2	KB101-A5-K2	Hitsausteho 3

LIITE 7/5: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

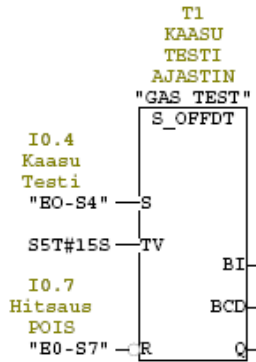
SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC1 - <offline>

03/25/2008 02:56:43 PM

Network: 7      GAS Test

Ajastimella pidetään 15s kaasuventtiilejä kun ohjauspaneelistä on painettu kaasutesti- painiketta

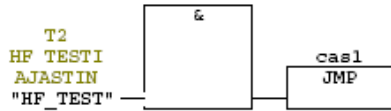


Symbol information

T1	GAS TEST	KAASU TESTI AJASTIN
I0.4	EO-S4	Kaasu Testi
I0.7	EO-S7	Hitsaus POIS

Network: 8

Jos HF testin ajastin on päällä hypätään.

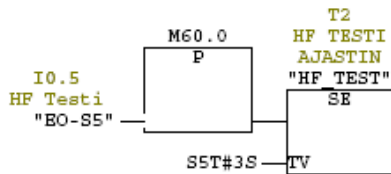


Symbol information

T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN
----	---------	------------------

Network: 9      HF TESTI AJASTIN

Jos HF testi ei ole päällä ja painetaan ohjauspaneelin painiketta, käynnistetään HF testin ajastin 3 sekunnin ajaksi.



# LIITE 7/6: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC1 - <offline>

03/25/2008 02:56:43 PM

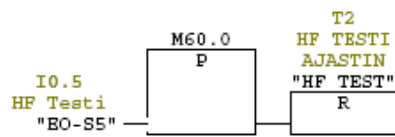
## Symbol information

I0.5	EO-S5	HF Testi
T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN

Network: 10 HF TESTI AJASTIN

Kun HF- testi on päällä ja painetaan ohjauspaneelistä HF testi painiketta, pysäyttää se kaasutestin ajastimen

cael



## Symbol information

I0.5	EO-S5	HF Testi
T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN

# LIITE 7/7: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:08 PM

## FC2 - <offline>

```

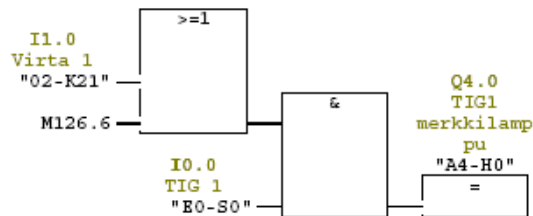
""
Name:                               Family:
Author:                              Version: 0.1
                                      Block version: 2
Time stamp Code:                    03/25/2008 02:36:37 PM
Interface:                          05/14/2007 10:09:15 AM
Lengths (block/logic/data): 00310 00186 00000
    
```

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC2

Network: 1      8H1 TIG 1 merkkilamppu

TIG 1 merkkilamppu ohjauspaneelissa syttyy, kun tunnistetaan Curren Adjustboxilla virta TIG 1 hitsausmuuntajassa. M126.6 on 1 sekunnin pulssi.



### Symbol information

I1.0	02-K21	Virta 1
I0.0	E0-S0	TIG 1
Q4.0	A4-H0	TIG1 merkkilamppu

# LIITE 7/8: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

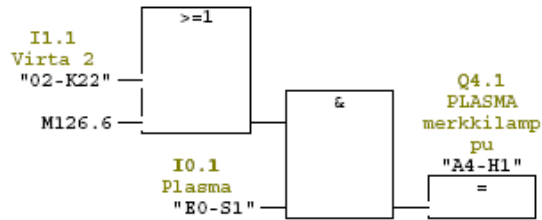
SIMATIC

Linja10\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\PC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:08 PM

Network: 2      8H2 Plasma merkkilamppu

Plasma merkkilamppu ohjauspaneelissa syttyy, kun tunnistetaan Curren Adjustboxilla virta plasma hitsausmuuntajassa.

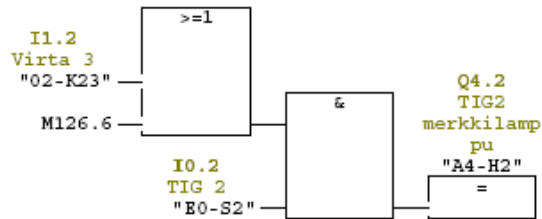


**Symbol information**

I1.1	02-K22	Virta 2
I0.1	E0-S1	Plasma
Q4.1	A4-H1	PLASMA merkkilamppu

Network: 3      8H3 TIG2 merkkilamppu

TIG 2 merkkilamppu ohjauspaneelissa syttyy, kun tunnistetaan Curren Adjustboxilla virta TIG 2 hitsausmuuntajassa.



**Symbol information**

I1.2	02-K23	Virta 3
I0.2	E0-S2	TIG 2
Q4.2	A4-H2	TIG2 merkkilamppu

## LIITE 7/9: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

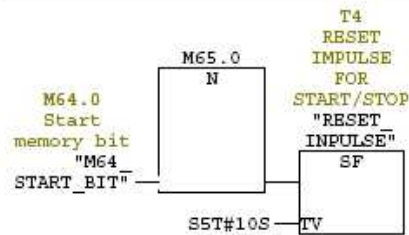
SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:08 PM

Network: 4      Reset pulssi start/stop

Kun käynnistyksen apumuistilta tulee laskeva pulssi, tehdään ajastimella T4 10 sekunnin viive järjestelmän uudelleen käynnistämiseen.

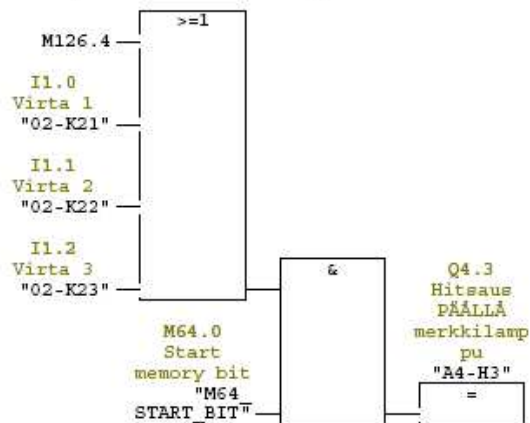


### Symbol information

M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit
T4	RESET_INPULSE	RESET IMPULSE FOR START/STOP

Network: 5      8H4 hitsaus PÄÄLLÄ merkkivalo

Hitsaus päällä merkkivalon käynnistäminen.



### Symbol information

I1.0	02-K21	Virta 1
I1.1	02-K22	Virta 2
I1.2	02-K23	Virta 3
M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit
Q4.3	A4-H3	Hitsaus PÄÄLLÄ merkkilamppu

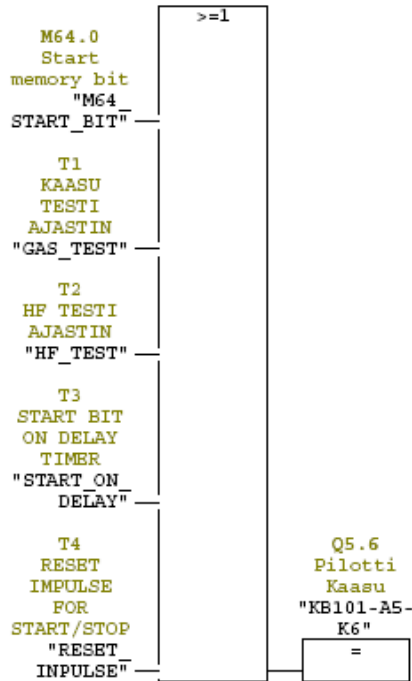
LIITE 7/10: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:08 PM

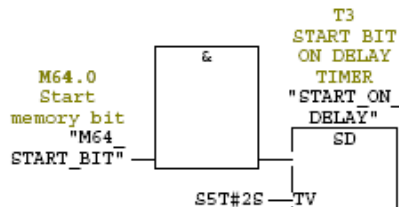
Network: 6 Pilotti Kaasu  
Pilottikaasun käynnistymisehto.



Symbol information

M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit
T1	GAS_TEST	KAASU TESTI AJASTIN
T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN
T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
T4	RESET_INPULSE	RESET IMPULSE FOR START/STOP
Q5.6	KB101-A5-K6	Pilotti Kaasu

Network: 7 START BIT ON DELAY TIMER  
Käynnityksen apumuistilla käynnistetään T3 ajastin



# LIITE 7/11: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

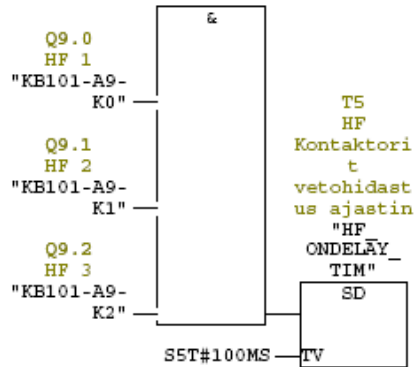
03/25/2008 02:58:08 PM

## Symbol information

M64.0	M64_START_BIT	Start memory bit
T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER

Network: 8 HF Kontaktors on delay timer

HF lähtöjen päällä käynnistetään ajastin T5, jossa on 0.1s viive.

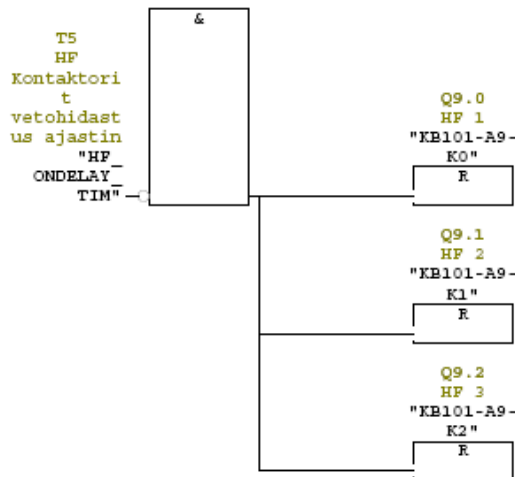


## Symbol information

Q9.0	KB101-A9-K0	HF 1
Q9.1	KB101-A9-K1	HF 2
Q9.2	KB101-A9-K2	HF 3
T5	HF_ONDELAY_TIM	HF Kontaktorit vetohidastus ajastin

Network: 9 HF resetointi

Kun ajastin T5 ei ole päällä, resetoidaan HF:ien lähdöt.



# LIITE 7/12: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

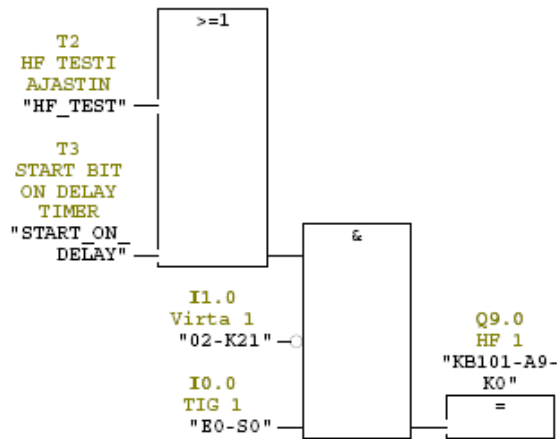
03/25/2008 02:58:08 PM

**Symbol information**

T5	HF ONDELAY TIM	HF Kontaktorit vetohidastus ajastin
Q9.0	KB101-A9-K0	HF 1
Q9.1	KB101-A9-K1	HF 2
Q9.2	KB101-A9-K2	HF 3

Network: 10 HF 1

HF 1 lähdön asettaminen päälle.

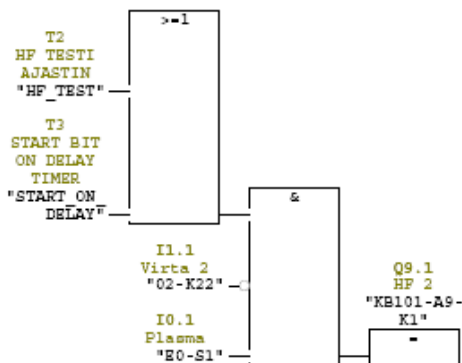


**Symbol information**

T2	HF TEST	HF TESTI AJASTIN
T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I1.0	02-K21	Virta 1
I0.0	E0-S0	TIG 1
Q9.0	KB101-A9-K0	HF 1

Network: 11 HF 2

HF 2 lähdön asettaminen päälle.



# LIITE 7/13: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

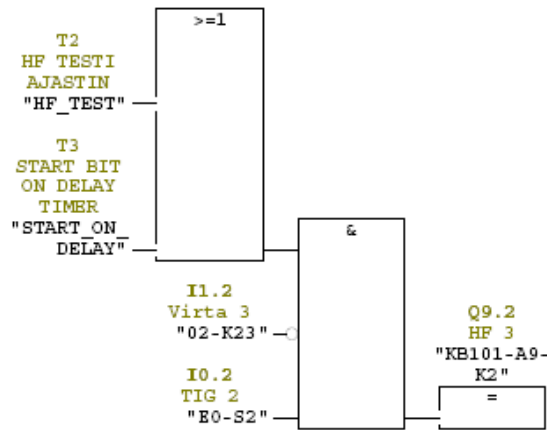
Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:09 PM

Symbol information

T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN
T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I1.1	02-K22	Virta 2
I0.1	E0-S1	Plasma
Q9.1	KB101-A9-K1	HF 2

Network: 12	HF 3
HF 3 lähdön asettaminen päälle.	



Symbol information

T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN
T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I1.2	02-K23	Virta 3
I0.2	E0-S2	TIG 2
Q9.2	KB101-A9-K2	HF 3

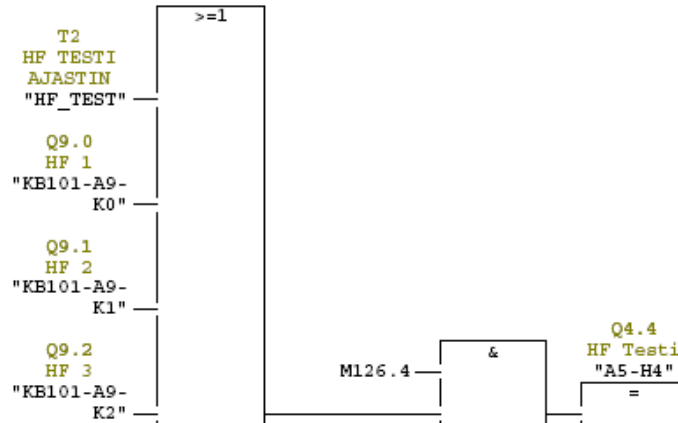
# LIITE 7/14: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:09 PM

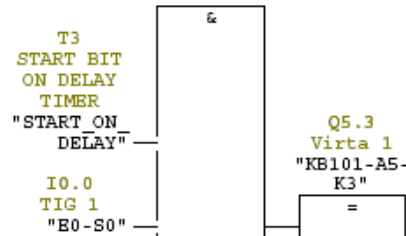
Network: 13 SH5 HF merkkilamppu  
HF testi merkkilampun asettamien päälle.



Symbol information

T2	HF_TEST	HF TESTI AJASTIN
Q9.0	KB101-A9-K0	HF 1
Q9.1	KB101-A9-K1	HF 2
Q9.2	KB101-A9-K2	HF 3
Q4.4	A5-H4	HF Testi

Network: 14 RELE 11K5.3, CURRENT 1  
Hitsausvirta 1:n lähdön asetus päälle.



Symbol information

T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I0.0	E0-S0	TIG 1
Q5.3	KB101-A5-K3	Virta 1

# LIITE 7/15: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\PC2 - <offline>

03/25/2008 02:58:09 PM

Network: 15 RELE 11K5.4, Current 2

Hitsausvirta 2:n lähdön asetus päälle.

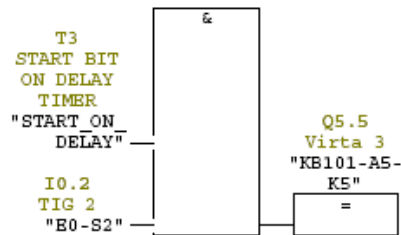


Symbol information

T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I0.1	E0-S1	Plasma
Q5.4	KB101-A5-K4	Virta 2

Network: 16 RELE 11K5.5, Current 3

Hitsausvirta 3:n lähdön asetus päälle.

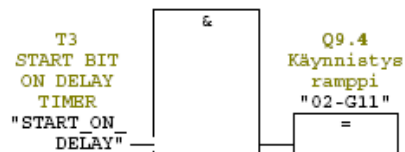


Symbol information

T3	START_ON_DELAY	START BIT ON DELAY TIMER
I0.2	E0-S2	TIG 2
Q5.5	KB101-A5-K5	Virta 3

Network: 17 Käynnistys ramppi

Käynnistysrampin käynnistys (IM31)



## LIITE 7/16: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC Linjal0\_hitsaus\ 03/25/2008 02:58:09 PM  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC2 - <offline>

---

Symbol information  
T3 START\_ON\_DELAY START BIT ON DELAY TIMER  
Q9.4 02-G11 Käynnistys ramppi

# LIITE 7/17: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC3 - <offline>

03/25/2008 02:56:29 PM

## FC3 - <offline>

```

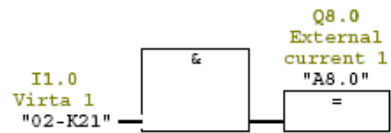
"
Name:                               Family:
Author:                              Version: 0.1
                                      Block version: 2
Time stamp Code:                     03/25/2008 02:31:45 PM
                                      Interface: 05/14/2007 11:36:22 AM
Lengths (block/logic/data): 00132 00026 00000
    
```

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC3

Network: 1 External current 1

TIG 1 hitsauksen virran tiedon välittämien putkilinjalle.



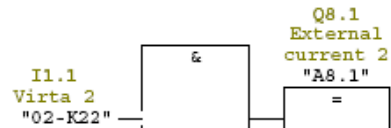
### Symbol information

```

I1.0      02-K21      Virta 1
Q8.0      A8.0       External current 1
    
```

Network: 2 External current 2

Plasmahitsauksen virran tiedon välittämien putkilinjalle



# LIITE 7/18: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

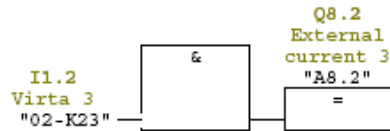
Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC3 - <offline>

03/25/2008 02:56:29 PM

**Symbol information**

I1.1	02-K22	Virta 2
Q8.1	A8.1	External current 2

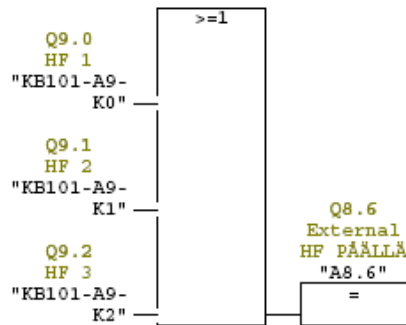
Network: 3	External current 3
TIG 2 hitsauksen virran tiedon välittämien putkilinjalle	



**Symbol information**

I1.2	02-K23	Virta 3
Q8.2	A8.2	External current 3

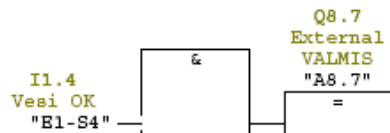
Network: 4	External HF PÄÄLLÄ
Putkilinjalle tieto HF:ien päällä olosta	



**Symbol information**

Q9.0	KB101-A9-K0	HF 1
Q9.1	KB101-A9-K1	HF 2
Q9.2	KB101-A9-K2	HF 3
Q8.6	A8.6	External HF PÄÄLLÄ

Network: 5	External READY
Putkilinjalle menevä tieto, että hitsaus on mahdollista aloittaa.	



# LIITE 7/19: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC3 - <offline>

03/25/2008 02:56:29 PM

---

## Symbol information

I1.4            E1-S4  
Q8.7            A8.7

Vesi OK  
External VALMIS

# LIITE 7/20: Uuden hitsausjärjestelmän logiikkaohjelma

SIMATIC

Linjal0\_hitsaus\  
SIMATIC 300(1)\CPU 312\...\FC6 - <offline>

03/25/2008 02:56:25 PM

## FC6 - <offline>

```

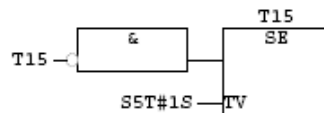
""
Name:                               Family:
Author:                              Version: 0.1
                                      Block version: 2
Time stamp Code:                    03/25/2008 02:28:13 PM
                                      Interface: 05/14/2007 11:51:23 AM
Lengths (block/logic/data): 00110 00016 00000
    
```

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC6

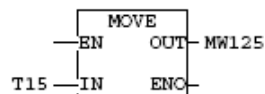
Network: 1

Ajastimella T15 tehdään 1 sekunnin vilkkuvaa pulssia.



Network: 2

Muodostettu pulssi siirretään mw125 muistialueelle, josta voidaan käyttää myös yksittäisiä bittejä.



# LIITE 8/1: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti

CPUs

## CPU 312



<b>6ES7 312-1AE13-0AB0</b>	
<b>Product status</b>	
associated programming package	STEP 7 V5.2 SP1 with hardware update or higher
<b>Supply voltages</b>	
Rated value	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● DC 24 V</li> </ul>	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>● permissible range, lower limit (DC)</li> </ul>	20.4 V
<ul style="list-style-type: none"> <li>● permissible range, upper limit (DC)</li> </ul>	28.8 V
<b>Current consumption</b>	
Inrush current, typ.	2.5 A
$I_t$	0.5 A <sup>2</sup> s
Current consumption (in no-load operation), typ.	60 mA
Current consumption (rated value)	0.6 A
from supply voltage L+, max.	600 mA
Power loss, typ.	2.5 W
<b>Memory</b>	
Type of storage	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● RAM                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- integrated</li> <li>- expandable</li> </ul> </li> </ul>	32 KByte; For program and data No
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Load memory                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- pluggable (MMC)</li> <li>- pluggable (MMC), max.</li> </ul> </li> </ul>	Yes 4 MByte
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● present</li> <li>● without battery</li> </ul>	Yes; Guaranteed by MMC (maintenance-free) Yes; Program and data
<b>CPU/blocks</b>	
DB	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Number, max.</li> <li>● Size, max.</li> </ul>	511; Number range: 1 to 511 16 KByte
FB	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Number, max.</li> <li>● Size, max.</li> </ul>	1,024; Sequence of numbers: 0 to 2047 16 KByte
FC	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Number, max.</li> <li>● Size, max.</li> </ul>	1,024; Sequence of numbers: 0 to 2047 16 KByte
OB	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Size, max.</li> </ul>	16 KByte
Nesting depth	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● per priority class</li> <li>● additional within an error OB</li> </ul>	8 4

## LIITE 8/2: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti

<b>CPU/processing times</b>	
for bit operations, min.	0.2 µs
for word operations, min.	0.4 µs
for fixed point arithmetic, min.	5 µs
for floating point arithmetic, min.	6 µs
<b>Times/counters and their remanence</b>	
S7 counter	
● Number	128
● of which remanent without battery	
- adjustable	Yes
- lower limit	0
- upper limit	127
● Remanence	
- adjustable	Yes
- lower limit	0
- upper limit	127
● Counting range	
- adjustable	Yes
- lower limit	0
- upper limit	999
IEC counter	
● present	Yes
● Type	SFB
S7 times	
● Number	128
● Remanence	
- adjustable	Yes
- lower limit	0
- upper limit	127
● Time range	
- lower limit	10 ms
- upper limit	9,990 s
IEC timer	
● present	Yes
● Type	SFB
<b>Data areas and their remanence</b>	
Flag	
● Number, max.	128 Byte
● Remanence available	Yes; MB 0 to MB 127
● Number of clock memories	8; 1 memory byte
<b>Address area</b>	
I/O address area	
● Inputs	1 KByte
● Outputs	1 KByte
Process image	
● Inputs	128 Byte
● Outputs	128 Byte

## LIITE 8/3: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti

Digital channels	
● Inputs	256
● Outputs	256
● Inputs, of which central	256
● Outputs, of which central	256
Analog channels	
● Inputs	64
● Outputs	64
● Inputs, of which central	64
● Outputs, of which central	64
<b>Hardware config.</b>	
Central devices, max.	1
Expansion devices, max.	0
Racks, max.	1
Modules per rack, max.	8
Number of DP masters	
● integrated	0
● via CP	4
Number of operable FMs and CPs (recommended)	
● FM	8
● CP, point-to-point	8
● CP, LAN	4
<b>Time</b>	
Clock	
● Software clock	Yes
● buffered and synchronizable	No
● Deviation per day, max.	15 s
Operating hours counter	
● Number	1
● Number/Number range	0
● Range of values	0 to 2 <sup>31</sup> hours (when using SFC 101)
● Granularity	1 hour
● remanent	Yes
Clock synchronization	
● supports	Yes
● to MPI, Master	Yes
● to MPI, Slave	Yes
● in AS, Master	Yes
<b>S7 message functions</b>	
Number of login stations for message functions, max.	6
Process diagnostic messages	Yes
simultaneously active Alarm-S blocks, max.	20
<b>Test commissioning functions</b>	
Status/control	
● Status/control variable	Yes
● Variables	Inputs, outputs, memory bits, DB, times, counters
● Number of variables, max.	30
● of which status variable, max.	30
● of which control variable, max.	14

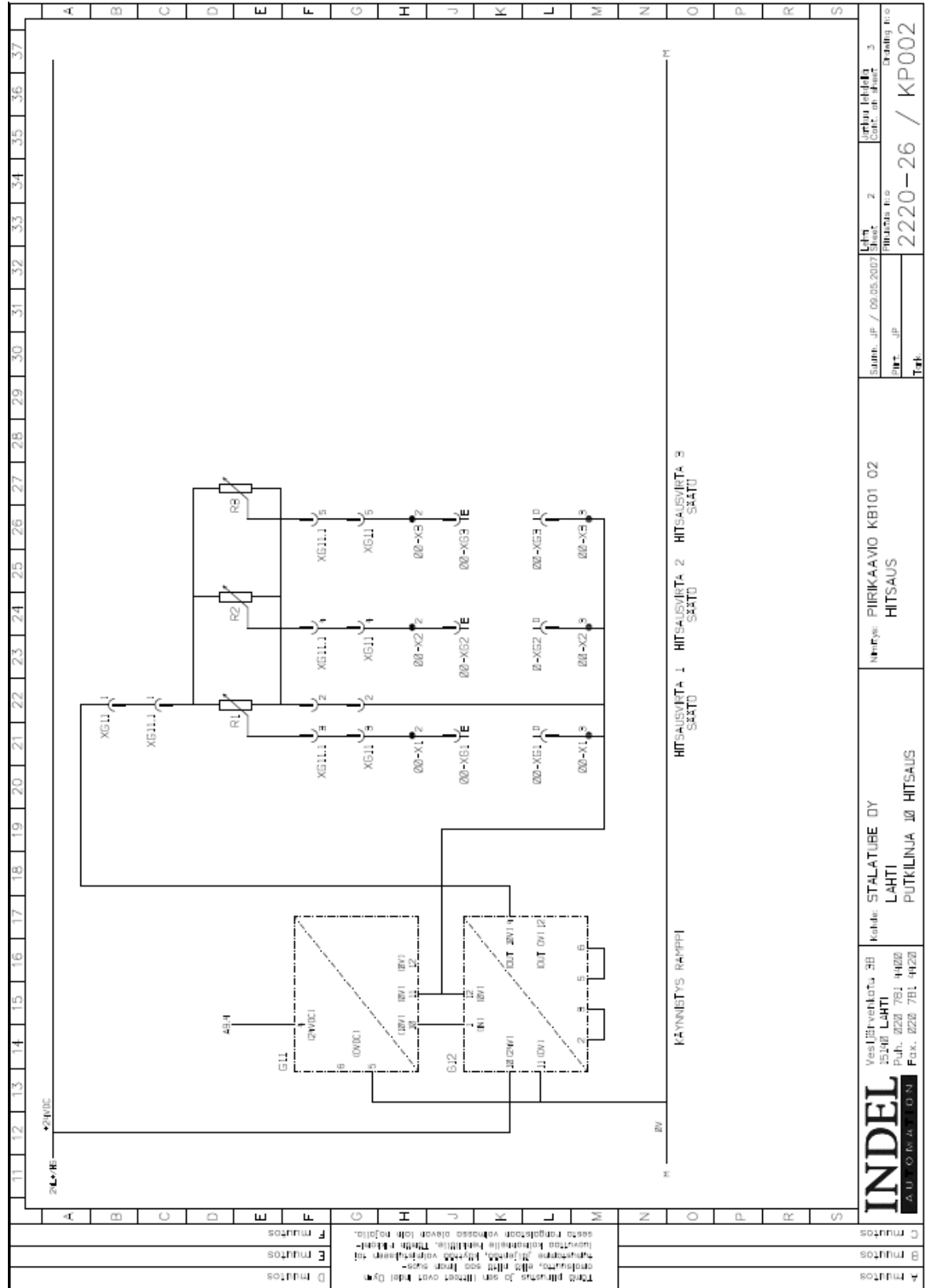
## LIITE 8/4: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti

Forcing	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Forcing</li> <li>● Force, variables</li> <li>● Number of variables, max.</li> </ul>	Yes Inputs, outputs 10
Status block	Yes
Single step	Yes
Number of breakpoints	2
Diagnostic buffer	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● present</li> <li>● Number of entries, max.</li> <li>● adjustable</li> </ul>	Yes 100 No
<b>Communication functions</b>	
PG/OP communication	Yes
Routing	No
Global data communication	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● supported</li> <li>● Size of GD packets, max.</li> </ul>	Yes 22 Byte
S7 basic communication	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● supported</li> </ul>	Yes
S7 communication	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● supported</li> </ul>	Yes
S6-compatible communication	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● supported</li> </ul>	Yes; via CP and loadable FC
Number of connections	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● overall</li> <li>● usable for PG communication</li> <li>● usable for OP communication</li> <li>● usable for S7 basic communication</li> </ul>	6 5 5 2
<b>1st interface</b>	
Physics	RS 485
isolated	No
Power supply to interface (15 to 30 V DC), max.	200 mA
Functionality	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● MPI</li> <li>● DP master</li> <li>● DP slave</li> <li>● Point-to-point coupling</li> </ul>	Yes No No No
MPI	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Number of connections</li> <li>● Services               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PG/OP communication</li> <li>- Routing</li> <li>- Global data communication</li> <li>- S7 basic communication</li> <li>- S7 communication</li> <li>- S7 communication, as client</li> <li>- S7 communication, as server</li> </ul> </li> <li>● Transmission speeds, max.</li> </ul>	6 Yes No Yes Yes No Yes 187.5 kBit/s

## LIITE 8/5: Siemens S7-300 CPU-312 datalehti

<b>3rd interface</b>	
Programming language	
● STEP 7	Yes
● LAD	Yes
● FUP	Yes
● AWL	Yes
● SCL	Yes
● GRAPH	Yes
● HiGraph®	Yes
Nesting levels	8
User program protection/password protection	Yes
<b>Dimensions</b>	
Width	40 mm
Height	125 mm
Depth	130 mm
<b>Weights</b>	
Weight, approx.	270 g

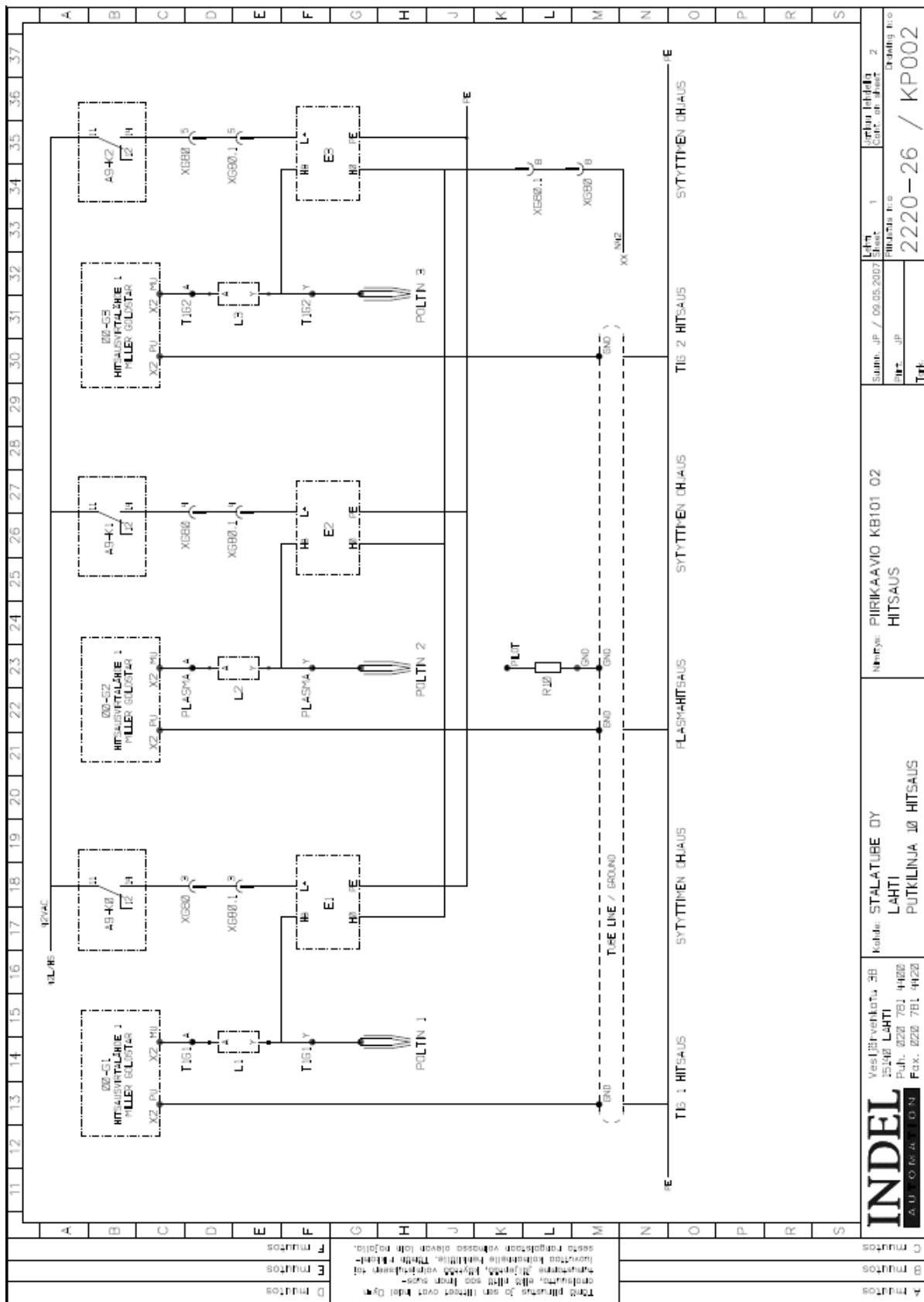
LIITE 9: IM31 sähköpiirustus



3	muutos	INDEL A.U. OY: A. O.S.	Vest/BerVenMatti, JB 15140 LÄHTI Puh. 0228 781 4428 Fak. 0228 781 4428	Kohde: STALATUBE OY LÄHTI PUTKILINJA 10 HITSAUS	Nimi: PIIRIKAAVIO KB101 02 HITSAUS	Proj. 2 Päiväys 11.6 2220-26 / KP002	Lehti 2 Suunn. 09.05.2007 Suunn. 11.6	3 3 3
---	--------	---------------------------	---	---	---------------------------------------	--	---	-------------



LIITE 11: HF-sytyttimen sähköpiirustus



<p><b>INDEL</b> A U T O M A T I O N</p> <p>Vestijärvenkatu 3B 05240 LAHTI Puh. 022 761 4400 Fax. 022 761 4428</p>	<p>Kohde: STALATURE OY LAHTI PUTKILINJA 10 HITSAUS</p>	<p>Nimi: PIIRIKAAVIO KB101 02 HITSAUS</p>	<p>Proj. / 09.05.2007 Suunn. / 09.05.2007 Puhdas Tark.</p>	<p>Sheet 1 Drawing No. 2 2220-26 / KP002</p>
---	--	---	--	--