

Pekka Rajaniemi

LEIKKAUSKONEEN IMUPÖYDÄN OHJAUKSEN MODERNISOINTI

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2017

LEIKKAUSKONEEN IMUPÖYDÄN OHJAUKSEN MODERNISOINTI

Rajaniemi , Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2017

Ohjaaja: Suvela, Timo

Sivumäärä: 39

Asiasanat: plasma, savukaasut, polttoleikkaus

Tämän työn aiheena oli suunnitella ja toteuttaa uusi imupöydän ohjauslogiikka, koska nykyisin käytössä oleva ohjainlogiikka poistui markkinoilta. Työn toimeksiantajana toimi Airwell Oy.

Työssä perehdyttiin syihin miksi termisissä leikkauskoneissa tarvitaan tehokkaita savukaasujen poistojärjestelmiä, sekä käydään läpi Airwell Oy:n valmistaman imupöydän rakenne sekä ohjaus.

MODERNIZATION OF A CUTTING TABLE AUTOMATION

Rajaniemi, Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical engineering

May 2017

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages:39

Appendices:

Keywords: plasma, fumes, oxy-fuel cutting

The purpose of this thesis was to design and build a new controlling system for a cutting table because the old controller's manufacturing was ceased. This thesis was carried out for Airwell Oy.

This thesis familiarizes one self to the reasons why you need good cutting fume extraction systems on thermal cutting machines, and also explains the structure and controlling system of a cutting table manufactured by Airwell Oy

SISÄLLYS

1JOHDANTO	5
2METALLIEN LEIKKAUSTEKNIKKAA	6
2.1Metallien leikkaustekniikka.....	6
2.1.1 Polttoleikkaus.....	6
2.1.2 Plasma leikkaus.....	8
2.1.3 Laser leikkaus	11
2.2Termisessä leikkauksessa syntyvät savu- ja hiukkaspäästöt.....	14
2.2.1Airwell Oy:n savuimu ratkaisu	14
2.2.2Mitä termisessä leikkauksessa ja hitsauksessa syntyvät päästöt pitävät sisällää?	15
3IMUPÖYDÄN AUTOMATIIKAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	18
3.1Airwell Oy:n imupöydän toimintaperiaate.....	18
3.2Projektin aloitus.....	19
3.3Logiikan valinta.....	20
3.3.1Yleistä tietoa ohjelmoitavista logiikoista.....	20
3.3.2Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikieliä	23
3.4Imupöydän ohjauksen pulssianturit.....	26
3.4.1Inkrementti anturit	28
3.5Taajuusmuuttaja ja moottori.....	29
4VALMIS IMUPÖYDÄN OHJAUS ASENNETTUNA TESTIPENKKIIN	30
4.1Imupöydän ohjauskaappi.....	30
4.2Imuvaunun ohjauksen pulssianturit kytkettynä testipenkkiin	32
4.3Imuvaunun ohjauspaneeli.....	34
4.4Leikkauspöydän alla kulkeva roskavaunu.....	36
5YHTEENVETO	37
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinäytetyössä käsitellään imupöydän ohjauksen suunnittelua ja toteutusta.

Opinnäytetyön aihetta ehdotti Airwell Oy:n toimitusjohtaja Antti Palomäki.

Työ tehtiin koska imupöydissä käytetty vanha ohjauslogiikka poistui markkinoilta, eikä samalla valmistajalla ollut tarjota suoraan korvaavaa tuotetta vanhan tilalle.

Työn tavoitteena oli tehdä uusi logiikka ohjaus jota pystyttäisiin tarvittaessa tulevaisuudessa kehittämään eteenpäin ja joka myös olisi mahdollisimman helposti asennettavissa jo olemassa oleviin imupöydän ohjauksiin korvaamaan vanha logiikka. Työhön kuului imupöydän ohjauksen suunnittelu ja toteutus. Tämän työn tuloksen syntyi myös uuden ohjauksen sähkökuvat ja muu dokumentointi Airwell Oy:n käyttöön.

Työn alku käsittelee termisiä leikkaustekniikoita yleisesti ja sitä miksi hyvä leikkauskäryjen poisto on erityisen tärkeää.

Yleisen leikkaustekniikka tiedon jälkeen kerron imupöydän logiikkaohjauksen suunnittelu ja toteutus vaiheesta.

Lopuksi esitän yhteenvedon, jossa pohdin työn tekovaiheita sekä kehitys ideoita.

2 METALLIEN LEIKKAUSTEKNIIKKAA

2.1 Metallien leikkaustekniikkaa

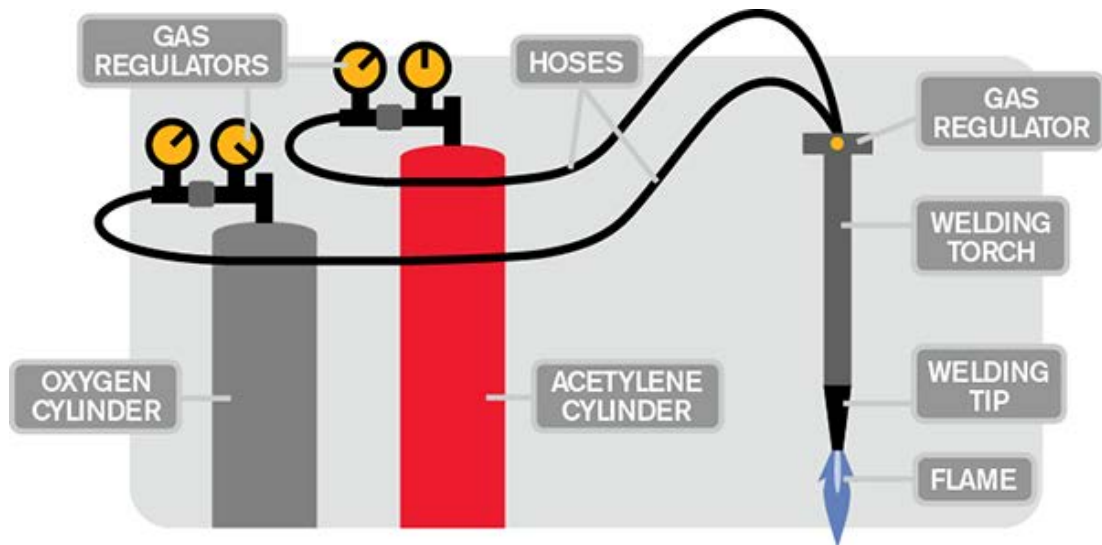
Koska Airwell Oy on erikoistunut termiseen leikkaustekniikkaan käsittelen alkuun lyhyesti erilaisia termisiä leikkaustekniikoita. Kun puhutaan metallien leikkaamisesta, tulee varmasti monelle ensimmäisenä mieleen metallin leikkaus kulmahiomakoneella tai peltisaksilla. Tämän tapainen metallin leikkaaminen ei kuitenkaan ole tarkkuudeltaan eikä kustannustehokkuudeltaan järkevää teollisessa mittakaavassa, joten sen tilalle on kehitelty muita leikkaustekniikoita. Tällaisia tekniikoita ovat esimerkiksi poltto-, plasma- ja laser-leikkaus.

2.1.1 Polttoleikkaus

Polttoleikkaus on yksi vanhimmista leikkausprosesseista(1900-luvun alkupuolelta), sitä voidaan käyttää seostamattoman teräksen leikkaamiseen. Polttoleikkaus on hyvin yksinkertainen leikkaustekniikka ja koneet ja kulutusosat ovat suhteellisen edullisia.(Esab [www-sivut](#)) Polttoleikkausta käytetään niin käsi- kuin koneleikkaukseen. ”Polttoleikkaus on palamisprosessi. Materiaalia ei varsinaisesti leikkaa kuumennusliekki vaan happisuihku, joka polttaa materiaalia lämmön noustessa ja kuljettaa palamistuotteet, kuonan pois leikkauskohdasta”(AGA [www-sivut](#)) Polttoleikkauspolttimen etu on se, että sillä voidaan leikata hyvinkin paksua levyä, ja leikattavan levyn paksuutta rajoittaa pääasiassa syötettävä hapen määrä. Polttoleikkaamalla voidaan leikata jopa 1200mm paksuista levyä. Kuvioleikatessa teräslevyä suurin osa leikkaustöistä kuitenkin tehdään 300 mm:n paksuisista tai sitä ohuemmista levyistä.

Polttoleikkaus sopii ihanteellisesti levyihin, joiden paksuus on yli 25 mm, mutta sitä voidaan pienin varauksin käyttää noin 6 mm:n levy paksuuteen saakka. Polttoleikkaus on suhteellisen hidas prosessi johtuen siitä ,että puhkaistaessa

leikattavaa materiaalia on puhkaisu kohtaa ensin esilämmitettävä syttymispisteeseen asti. Alla olevassa kuvassa (Kuva 1.) on esitetty yksinkertaistettuna polttoleikkaukseen tarvittava osat. Kuvasta poiketen polttoleikkaukskoneissa yleisesti tulee polttimeen kolme kaasuletkua joista kaksi on happelle toinen matalapaineinen esilämmityshappi ja toinen korkeapaineisempi leikkaushappi. Kolmas letku on palavaa kaasua varten. Palavana kaasuna käytetään yleisesti jotain seuraavista kolmesta kaasusta asetyleeni, propaani tai propeeni.



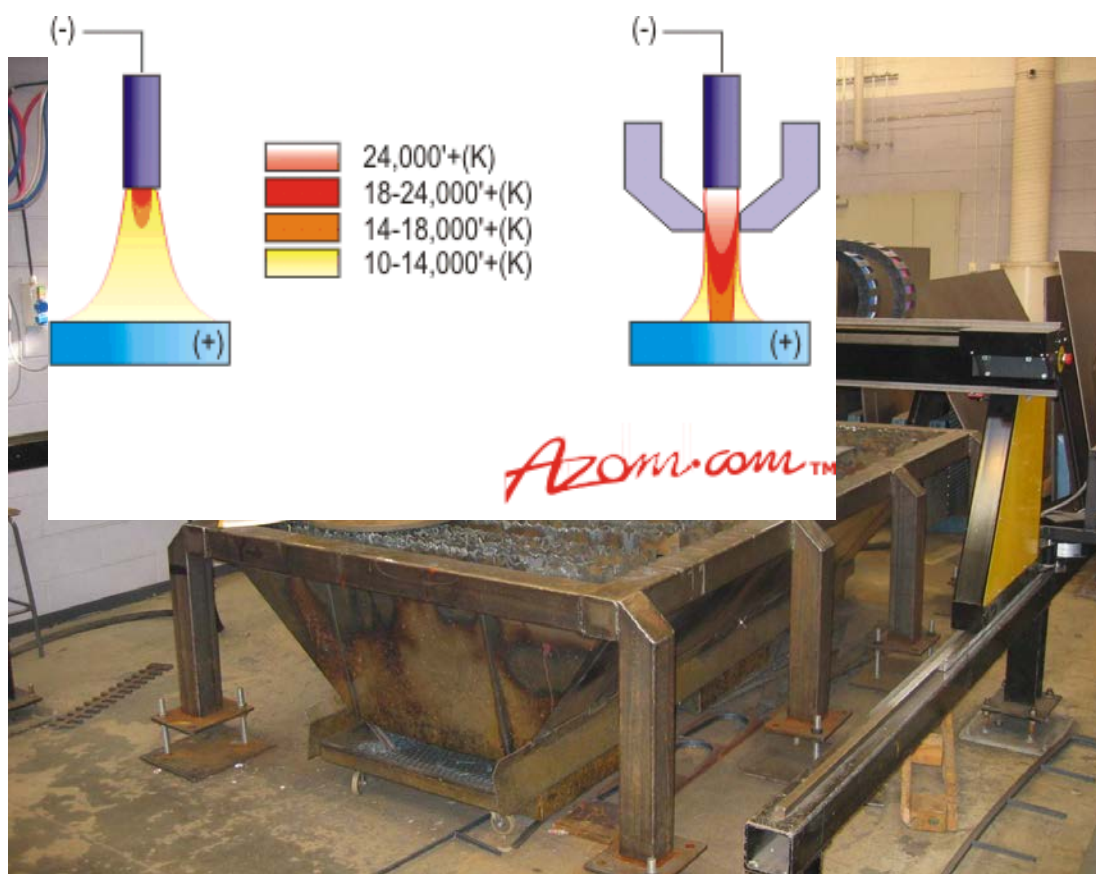
Kuva 1. Polttoleikkaus(Hypertherm kotisivut)

Maksimi leikkauksenopeus polttoleikatessa on noin 500mm/min materiaalin paksuuden ollessa 25mm ja leikattavan materiaalin paksuuden kasvaessa leikkaus nopeus hidastuu entisestään. Yksi Polttoleikkauksen suurimpia etuja on sen halpuus verrattuna monimutkaisempiin leikkaustekniikoihin kuten plasma- ja laserleikkaukseen. Polttoleikkauksen tehokkuutta voidaan lisätä konekäytössä käyttämällä useampaa poltinta kerrallaan, mikä moninkertaistaa tuottavuuden.(lähde esab www-sivut)

Kuva 2. Airwell Oy:n valmistama Retrofit kaasuleikkauskone(Airwell Oy:n kotisivut)

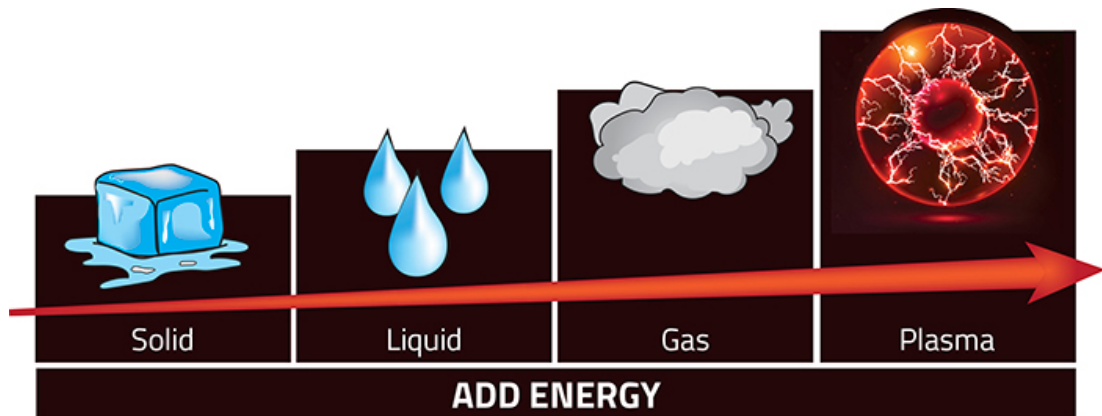
2.1.2 Plasma leikkaus

Plasma leikkaus keksittiin 1950-luvun puolessa välissä. Union Carbiden kehitysinsinööri nimeltä Robert Gage huomasi , että ohjaamalla TIG hitsaus valokaari pienen suuttimen/reijän läpi, pystyttiin kaaren lämpötilaa ja voimakkuutta kasvattamaan suuresti. Ohjaamalla melko voimakas kaasuvirtaus tämän kaaren mukana, huomattiin että sillä oli mahdollista leikata metallia. (lähde Plasma Cutting Handbook HP1569)



Kuva 3. Vasemmalla kuva normalista TIG elektrodista sekä valokaaresta, oikealla kuva TIG elektrodista sekä valokaaresta jos se johdetaan suuttimen läpi.(<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1061>)

Yksinkertaistettuna plasma on aineen neljäs olomuoto. Yleensä tunnetaan aineen kolme olomuotoa, kiinteä, neste ja kaasu. Aine muuttuu olomuodosta toiseen kun siihen kohdistetaan energiaa esimerkiksi lämpöä. Otetaan esimerkkinä vesi. Vesi on kiinteässä muodossaan jäätä, kun siihen kohdistetaan energiaa tässä tapauksessa lämpöä, se muuttuu olomuotoaan nesteeksi. Kun tähän nesteeseen kohdistetaan lämpöenergiaa muuttuu se saavutettuaan veden kiehumispisteen vesihöyryksi, eli kaasuksi.. Jos tähän vesihöyryyn nyt kohdistetaan noin 11700 celcius asteen lämpötila, muuttuu tämä höyry useaksi osakaasuksi ja siitä tulee ionisoitunutta ja sähköä johtavaa. Tätä korkea energistä, ionisoitunutta kaasua kutsutaan plasmaksi.(lähde Lincoln electric www-sivut)

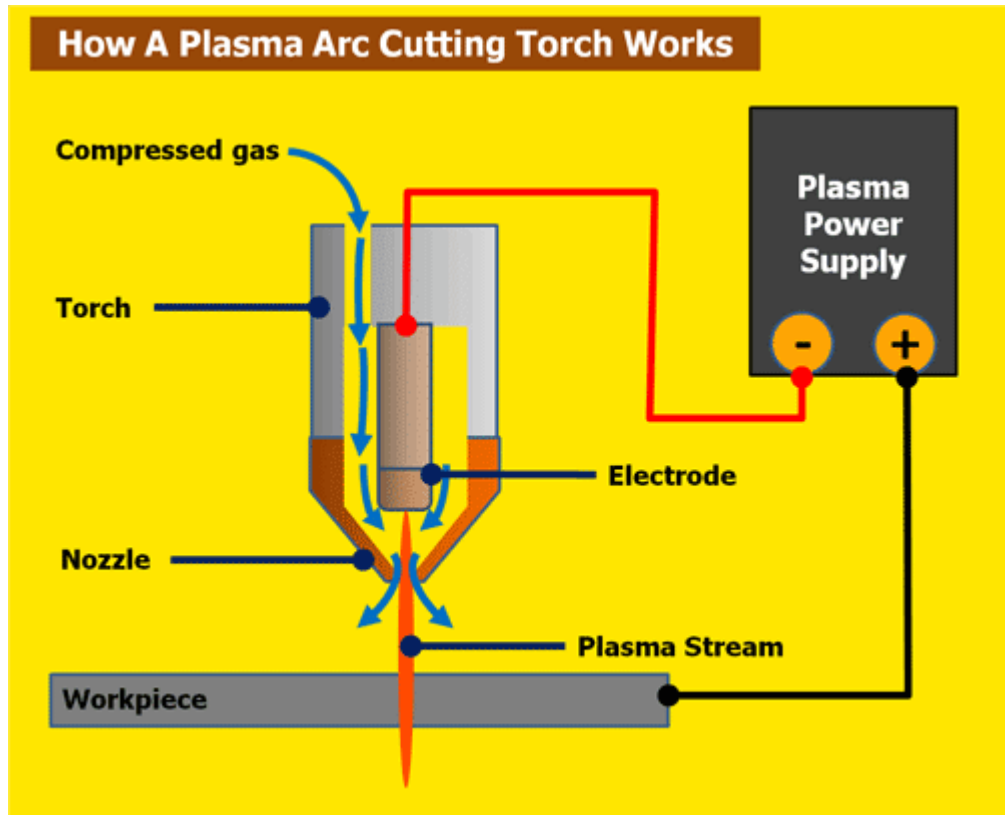


Kuva 4. Veden eri olomuodot kun siihen lisätään energiaa.(Lincoln Electric www-sivut)

Plasmaleikkausta voidaan hyödyntää kaikkien sähköjohtavien materiaalien leikkaamiseen. Plasmaleikkaukseen muodostaa plasmavirtalähde, poltinkaapeli ja poltipää. Plasma leikkaus tapahtuu niin, että virtalähde muuttaa 3~vaihejännitteen DC-jännitteeksi. Kun kone saa leikkaus komennon, alkaa leikkauskaasu virtaamaan poltinpäässä. Seuraavaksi virtalähde tekee suuritaajuisen ja suuri jännitteisen pilottikaaren (yleensä 5000VAC ja 2Mhz) mikä tekee valokaaren poltinpään sisällä elektrodin ja suuttimen välillä, tämä valokaari saa leikkauskaasun ionisoitumaan ja johtamaan sähköä. Plasmakaari siirtyy näin ollen kaasun avustuksella suuttimen kautta leikattavaan materiaaliin. Syntynyt plasmakaari sulattaa ja poistaa leikattavan materiaalin leikkausurasta.

(Lähde. <http://www.ionix.fi/fi/teknologiat/plasmatyosto/plasmaleikkaus/>)

Seuraava kuva esittää normaalin plasmaleikkauspolttimen toiminnan. (kuva5.)



Kuva 5. Plasmaleikkaus prosessin peruskuva. (Esab www-sivut)

Kuva 6. Airwell Oy:n valmistama plasmaleikkauskone

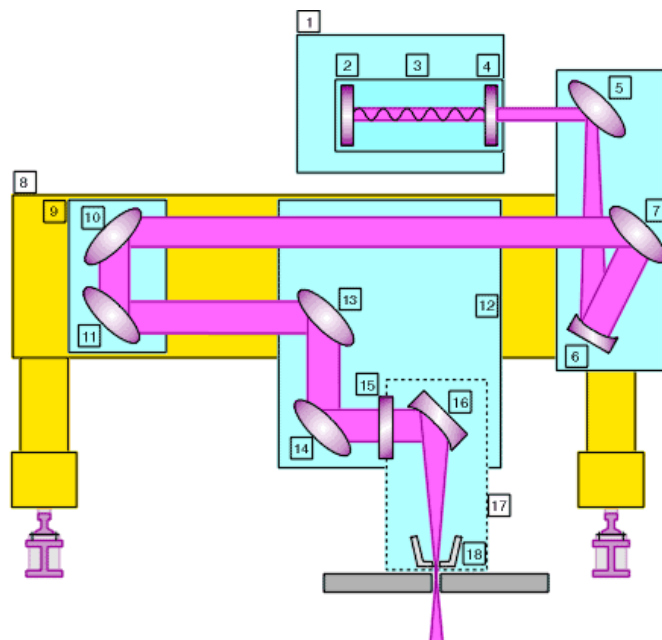


2.1.3 Laser leikkaus

Laser leikkauksessa käytetään kohdennettua lasersädettä ja paineistettua leikkauskaasua leikkaamaan irti osia metallilevyistä. Laser leikkaus on hyvin tarkka leikkausmenetelmä sekä leikkauks jälki on erittäin tasalaatuista. Mikäli kyseessä on CO₂-laser, tuotetaan laser säde resonaattorilla josta se johdetaan peilien avustuksella leikkaukoneen leikkauspäähän, jossa se optiikan avulla kohdennetaan suuttimen läpi leikkattavaan materiaaliin.

Laser leikkauksen hyötyjä:

- Suuri tarkkuus
 - Todella hyvä leikkauks jälki
 - Suuri leikkauksenopeus (lähinnä ohkaisilla levy paksuuksilla)
 - Pieni leikkauks railo (Materiaali hukkaa tulee vähemmän kuin plasma- ja polttoleikkaustekniikoilla)
 - Pienempi alue leikkattavasta materiaalista kärsii leikkauksen synnyttämästä lämmöstä
 - Pystytään leikkaamaan erilaisia materiaaleja metallien lisäksi esim. muovi ja puu
- (Lähde Esab [www-sivut](http://www.esab.com))



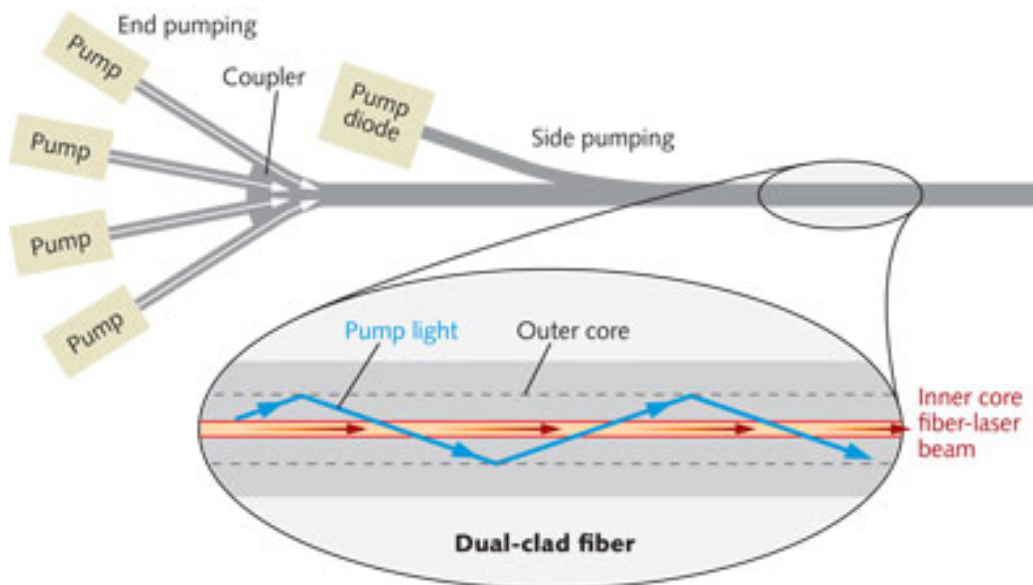
Kuva 7. Esimerkki kuva CO₂ laserista.(Esab [www-sivut](http://www.esab.com).)

Toinen laser-tyyppi on kuitulaser. Kuitulaserissa lasersäde ohjataan poltinpäälle peilien sijaan hyvin ohutta valokuitua pitkin. Laser säde pumpataan kuituun valo

diodeista yhdistimen avulla. Poltin päässä tuotettu laser säde kohdennetaan leikattavaan materiaaliin optiikan avulla. Kuitulaserin ero esim. plasma- ja CO2 laser leikkaukseen on, että se ei pysty näiden kanssa täysin vielä kilpailemaan leikatessa paksumpaa materiaali, mutta laser puolella kehitystyö on tällä hetkellä keskittynyt kuitupuoleen, joten on vaan ajan kysymys koska kuitulaser on varmasti kilpailukykyinen myös paksumpia materiaaleja leikatessa.

Kuitulaserin etuja:

- Leikkaus nopeus ja jälki leikatessa ohuita metalleja ylivoimaisesti paras kaikista edellä käsitellyistä leikkaustekniikoista
- Huoltokustannukset verrattain halvat Co2 laseriin verrattaessa.
- Energia tehokkuus



Kuva 8. Kuitulaserin laser lähde (<http://www.laserfocusworld.com>)

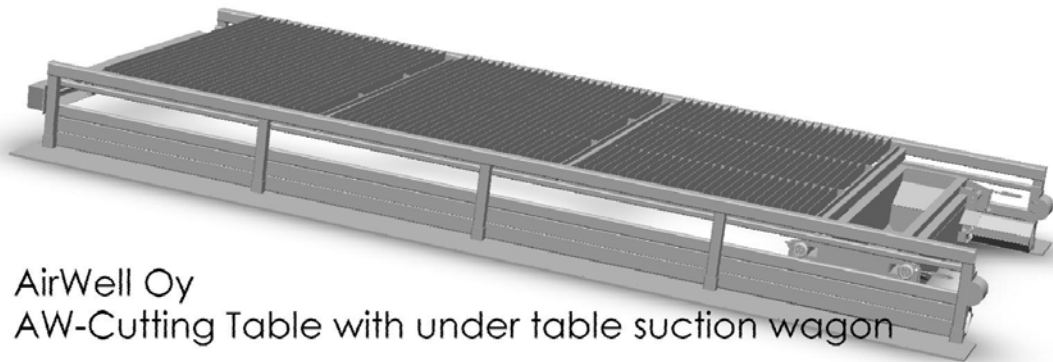


Kuva 9. Kuitulaserleikkaus kone(Tecoi www-sivut)

2.2 Termisessä leikkauksessa syntyvät savu- ja hiukkaspäästöt

2.2.1 Airwell Oy:n savuimu ratkaisu

Syy miksi leikkauskoneisiin on ollut tarpeellista suunnitella leikkauksessa syntyvien savukaasujen poistojärjestelmiä on siinä, että leikatessa syntyvät päästöt ovat hyvin vaarallisia ihmisten terveydelle. Tästä syystä myös Airwell Oy on suunnitellut ja tehnyt oman savuimupöytä ratkaisunsa jotta leikkauksessa syntyvät päästöt saadaan imettyä pois työtiloista, joissa ne aiheuttaisivat ihmisten terveydelle vaaraa. Airwell Oy on suunnitellut oman alaimuleikkauspöydän johon on integroitu leikkauspöydän alla, leikkauskonetta ja leikkauspäätä seuraava imuvaunu. Tämä on osoittautunut erittäin tehokkaaksi tavaksi poistaa leikkauksessa syntyvät savukaasut pois työtiloista.



AirWell Oy
AW-Cutting Table with under table suction wagon

Need more information:
airwell@airwell.fi
www.airwell.fi

Kuva 10. Airwell Oy:n leikkauspöytä(Airwell www-sivut)

Airwell Oy:n alaimupöydän toiminta perustuu siihen, että termisessä leikkauksessa syntyvä leikkaussuihku ohjautuu leikkauspöydän alla liikkuvaan imuvaunuun ja sen roskakippoon jonka pohjalta se ohjautuu roskakipon seinämiä pitkin takaisin ylöspäin jossa se törmää roskakipon reunan ylittävään kaulukseen joka pysäyttää ylöspäin karkaavat savukaasut ja hidastaa suihkun energiaa. Tämä aiheuttaa kippoon savukaasukierteen ja tämä hidastettu savukaasu imetään roskakipon reunoille tulevalla kohdennetulla imulla pois imuvaunusta ja siitä imukanavistoa pitkin pois työskentelytiloista.

2.2.2 Mitä termisessä leikkauksessa ja hitsauksessa syntyvät päästöt pitävät sisällää?

Hitsauksessa ja leikkauksessa syntyvät savukaasut luokitellaan haitallisiksi ihmisen terveydelle. Savukaasut voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sairastelua ja pitkäaikainen altistuminen voi johtaa jopa syöpään ja muihin sairauksiin. Leikkaus- ja hitsaus-savukaasut sisältävät montaa eri tyyppistä kaasua ja miljoonia pienhiukkasia joiden koko on alle 1µm, näitä hiukkasia ei pysty näkemään paljaalla silmällä. (Kemper www-sivut)

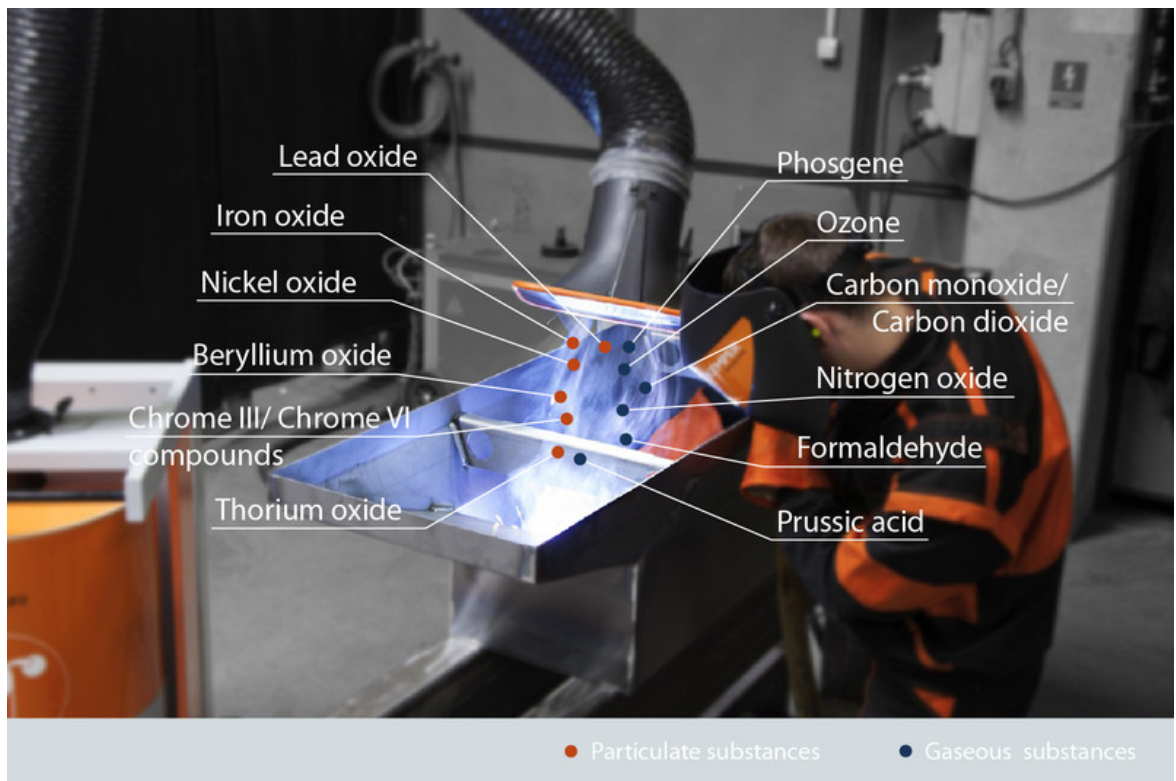
Hitsaus- ja leikkauskäryt sisältävät erilaisia ihmisille haitallisia yhdisteitä. Seuraavanlaisia yhdisteitä esiintyy kaasumaisena hitsaus- ja leikkauskäryissä:

Fosgeeni, otsoni, hiilimonoksidi, hiilidioksidi, typpioksidi, formaldehydi ja syaanivety.

Partikkelimuodossa käryissä esiintyy seuraavia yhdisteitä:

Lyijyoksidia, rautaoksidia, nikkelioksidia, berylliumoksidia, kromi yhdisteitä ja toriumoksidia.

Tavalla tai toisella jokainen näistä yhdisteistä on haitallinen ihmiselle.



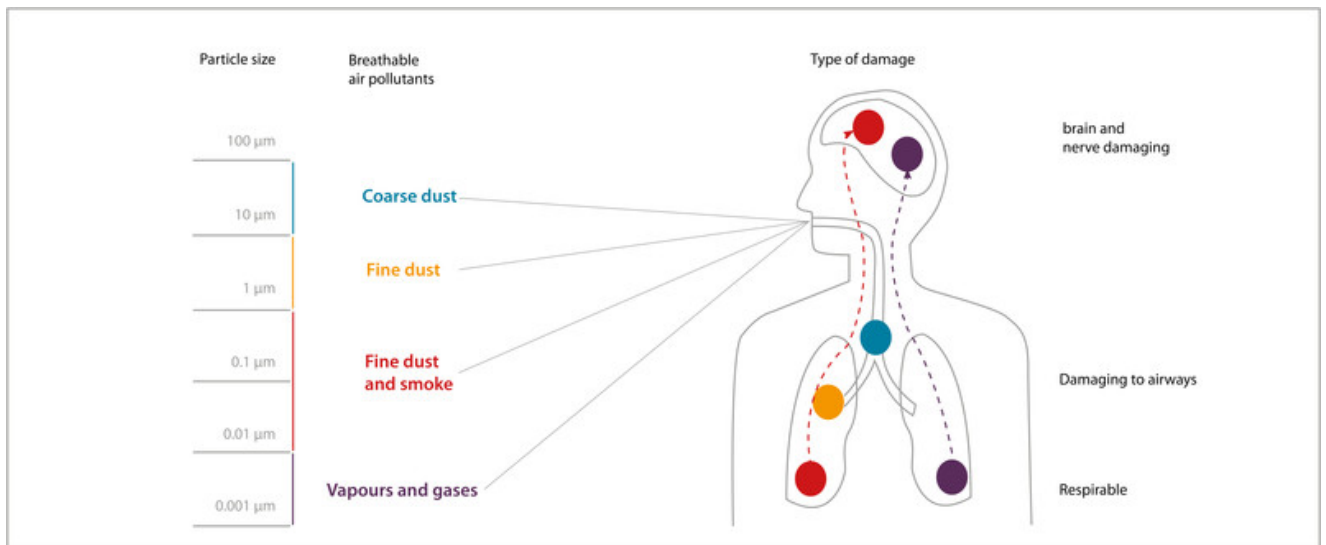
Kuva 11. Hitsauskäryjen koostumus. (Kemper.eu www-sivut)

Leikkauskäryt voidaan jakaa kahteen eri ryhmään hengitettäviin yhdisteisiin jotka ovat alle 100 μm :n kokoisia, ja yhdisteisiin jotka voivat kerääntyä ihmisen keuhkorakkuloihin ja siirtyä jopa ihmisen verenkiertoon asti, nämä alle 10 μm :n kokoiset partikkelit ovat tästä syystä erityisen vaarallisia. 98,9 % hitsaus ja leikkauskäryistä ovat alle 4 μm kokoisia partikkeleita.

(Lähde Kemper www-sivut)

Kuva 12. Kaasujen vaikutukset (Kemper www-sivut)

Hitsaus- ja leikkauskaasut voivat aiheuttaa monenlaisia oireita ihmiselle. Alle 1 µm:n kokoiset hiukkaset voivat kulkeutu verenkierrossa mukana aivoihin aiheuttaen aivo- ja hermovaurioita. (lähde kemper-www-sivut)



Kuva 13. Hiukkasten kulkeutuminen ihmisen kehossa (Kemper www-sivut)

Type of substance	Components	Fumes components	Hazard
Gas	Inert gas	Carbon dioxide, argon	Risk of suffocation
Gas	Gases created by the welding process	Carbon monoxide (can have an effect on fertility) Ozone	Risk of suffocation Injury to airways and lungs (incl. cancer risk)
Gas	Gases created by chemicals on the metal (e.g. paint, oil, solvents)	Hydrogen chloride, phosgene Hydrogen, cyanide, formalin, isocyanate	Injury to airways and lungs (incl. cancer risk) Suffocation, injury to airways and lungs (incl. cancer risk), allergic reaction, asthma
Particles	Steel, not coated and not varnished	Aluminum, cadmium, chrome, iron oxide, manganese, magnesium, nickel, zinc	Chronic damages to the airways and lungs (incl. cancer risk) as well as the central nervous system, allergic reaction, metal vapour fever
Particles	Galvanized steel	Zinc oxide, chrome	Chronic damages to the airways and lungs (incl. cancer risk) as well as the central nervous system, allergic reaction, metal vapour fever
Particles	Anti-rust steel	Chrome hexavalent, nickel	Chronic damages to the airways and lungs (incl. cancer risk) as well as the central nervous system, allergic reaction, metal vapour fever



Kuva 14. Airwell Oy:n edustaman saksalaisen Kemperin valmistama leikkaus ja hitsauskäryjen suodatin järjestelmä(www.kemper.eu)

3 IMUPÖYDÄN AUTOMATIIKAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

3.1 Airwell Oy:n imupöydän toimintaperiaate

Imupöytä on rakennettu niin, että leikkaupöydän alla kulkeva roskavaunu seuraa leikkauspöydän päällä liikkuvan leikkauskoneen liikettä ja pysyy kokoajan automaattisesti leikkaavan polttimen alla ja näin ollen kerää leikkauksesta syntyvän leikkaussuihkun ja leikkausjätteen roskavaunuun, sekä imee leikkauksessa syntyvät käryt imukanaviston kautta pois työtiloista. Roskavaunua liikutetaan pöydän alla vetoakselilla jossa on hammaspyörät ja nämä hammaspyörät vetävät ketjujen avulla roskavaunua eri suuntiin. Vetoakseli saa voimansa normaalista oikosulkumoottorista joka on yhdistetty vetoakseliin vaihteiston avulla. Imupöydän ohjaus on toteutettu

hyvin yksinkertaisella tavalla. Käyttökytkiminä koneen ohjaukseen löytyy käyttöpaneelisti ainoastaan automaatti/manuaali-tilan valintakytkin sekä eteen ja taaksepäin ajokomentoja varten painonapit. Mikäli Airwell toimittaa asiakkaalle ainoastaan imupöydän löytyy ohjauspaneelisti myös hätäseis-painike. Kun manuaali ajotila on kytkettynä voidaan pöydän alla liikkuvaa roskavaunua ohjata manuaalisesti eteen tai taakse. Manuaali tilalla ajetaan roskavaunu joko tyhjennystä varten pöydän toiseen päähän missä roskavaunun sisällä oleva roskakippo voidaan tyhjentää/vaihtaa puhtaaseen , tai ajetaan roskavaunu takaisin leikkauskoneen polttimen alle. Kun roskavaunu on ajettu niin että sen keskikohta on linjassa pöydän päällä kulkevan leikkauskoneen polttimen kanssa voidaan automaatti/manuaali kytkin kääntää Auto-asentoon, jonk jälkeen roskavaunu seuraa automaattisesti leikkauskoneen liikkeitä. Automaattinen seuranta on toteutettu kahdella pulssianturilla niin, että toinen pulssiantureista on kiinnitetty leikkauskoneen runkoon ja tämän pulssianturin akselille on asennettu seurantapyörä joka jousikuormalla painetaan leikkauskoneen rataa vasten. Leikkauskoneen liikkeessä se lähettää logiikalle leikkauskoneen pulssiarvoa, tätä saatua pulssiarvoa verrataan toisen pulssianturin arvoon joka sijaitsee imuvaunun vetoakselin päässä. Näiden kahden pulssianturin arvoa vertaamalla voidaan moottoria ohjata tarvittavaan suuntaan tarvittavalla nopeudella.

3.2 Projektin aloitus

Ensimmäisenä kävimme Airwell Oy:n toimitusjohtajan Antti Palomäen kanssa palaverissa läpi mitkä ovat yrityksen toiveet ja ehdotukset projektin toteutukseen. Päämääränä oli uusia logiikkapohjainen ohjaus yrityksen alaimupöytään, tähän johti se että nykyisin pöydässä käytettävä ohjelmoitavalogiikka poistui markkinoilta ja kyseisellä yrityksellä ei ollut tarjoita suoraan plug and play ratkaisuna mitään korvaavaa logiikkaa vanhan tilalle. Tämä aiheutti tilanteen, jossa Airwell Oy:n oli uusittava imupöydän ohjaus jotta asiakkaille pystyttäisiin tarjoamaan korvaava tuote jos jostain syystä nykyinen ohjain logiikka hajoaisi. Airwell Oy on käyttänyt pitkään leikkauskoneissaan Omronin valmistamia tuotteita joten hyvin pian korvaavaksi ohjelmoitavaksi logiikaksikin valikoituikin Omronin valmistama logiikka. Otin yhteyttä Omronin edustajiin ja sovin heidän kanssaan palaverin pidosta. Palaverissa

kyselin Omronin edustajilta ehdotuksia imupöydän ohjaukseen soveltuvista tuotteista.

3.3 Logiikan valinta

Tarkoituksena oli löytää logiikka joka voitaisiin tarpeen tullen vain vaihtaa jo olemassa oleviin imupöydän ohjauksiin vanhan logiikan tilalle niin, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa asiakkaille. Palaverissa omronin edustajien kanssa valitsin imupöydän ohjaukseen käytettäväksi logiikaksi Omronin CPL1 -sarjan ohjelmoitavanlogiikan. Logiikan valinnassa vaatimuksina oli, että siinä on ethernet-portti joka antaa lisää vaihtoehtoja logiikan valvontaan ja ohjauksen kehitykseen tulevaisuudessa. Toinen vaatimus logiikalle oli että siitä löytyy vähintään kaksi pulssianturien sisääntuloa. Koska työn aiheena oli vain korvata vanha ohjauslogiikka uudella, oli itse logiikka ohjelman teko hyvin yksinkertaista. Käytännössä vanhaa ohjauslogiikkaa käytettiin pohjana uuden logiikkaohjelman suunnittelussa , mikä nopeutti valtavasti uuden logiikkaohjelman tekemistä.

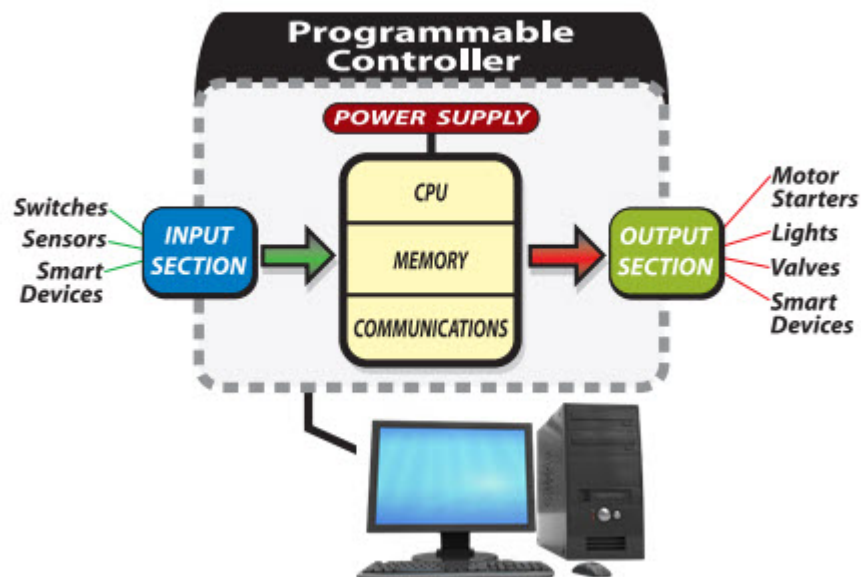
3.3.1 Yleistä tietoa ohjelmoitavista logiikoista

Monia teollisuuden prosesseja esim. liukuhihnoja ja tuotantoprosesseja sekä koneita ohjataan nykyisin ohjelmoitavilla logiikoilla. Ohjelmoitavat logiikat voi mieltää itsenäisesti toimiviksi mini teollisuustietokoneiksi. Ohjelmoitavat logiikat, (englanniksi PLC programmable logic controller) koostuvat virtalähteestä, digitaalisista/analogisista tulo(Input) ja lähtöporteista(output). Prosessori(CPU), muisti ja tietoliikenne yksiköistä jotka ohjaavat logiikan toimintaa. Ohjelmoitava logiikka ohjelmoidaan tietokoneen avulla toteuttamaan tiettyä ohjelmaa mitä se syklissä toistaa loputtomiin.

(lähde <http://library.automationdirect.com/what-is-a-plc/>)

Kuva 15. Ohjelmoitava logiikka(www.libary.automationdirect.com)

Logiikan prosessorilla (CPU) on erilaisia käyttötiloja, ohjelmointi-tila(programming mode) jota käytetään kun ohjelmoidaan logiikkaa sekä ajotila (Run-mode) kun asetetaan logiikka suorittamaan ohjelmoitua prosessia . Kun prosessori (CPU) asetetaan ajotilaan (Run-mode) alkaa se toteuttamaan logiikkaan ohjelmoitua prosessia. Ensin logiikka lukee tulo puolen datan (esim. raja- ja anturi tiedot) ja sen jälkeen logiikka suorittaa muistissa olevan ohjelman ja tekee tarvittavat muutokset lähtöpuolelle. Lähes tulkoon kaikki logiikat suorittavat neljää perusaskelta toimiessaan ne ovat seuraavat:

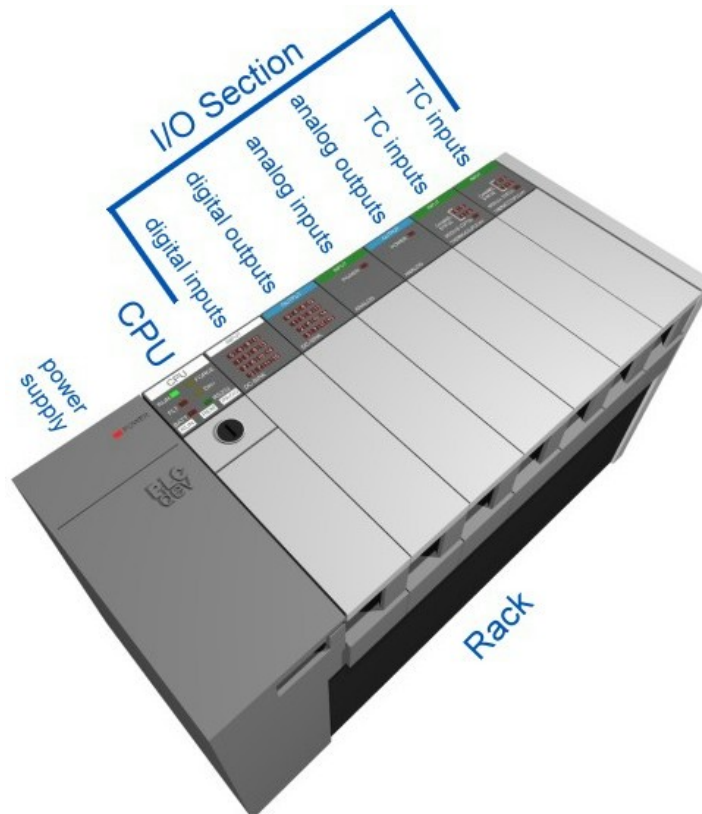


- **Tulo skannaus** havaitsee logiikan tulo puolen signaalien tilan
- **Ohjelma skannaus** suorittaa käyttäjän toteuttaman logiikka ohjelman
- **Lähtö skannaus** ohjaa logiikan lähtöjä tulojen ja ohjelman mukaan.
- **Ylläpito** sisältää kommunikoinnin ohjauslaitteisiin ja sisäisen diagnostiikan (lähde What is PLC?)

Logiikan tuloihin voidaan liittää esim. Valoverhoja, valokennoja, pulssi-, induktiivi-, mekaaniset- ja värin/merkintunnistus anturit. Tuloihin voidaan myös liittää analogisia anturi tuloja kuten virta-, paine-, lämpötila ja pinnan seuranta antureita. Nämä analogia tulot ovat yleensä muodoltaan joko jännite- (0-10 voltia) tai virtatietoja (0-20mA tai 4-20mA) (lähde What is PLC?)

Logiikan lähdöillä voidaan ohjata esim. taajuusmuuttajia(moottoreita), valoja, kontaktoreita, releitä ja analogisen singnaalin vaativia moottori lähtöjä. (lähde What is PLC?)

Ohjelmoitavien logiikoiden parhaita puolia on se, että niiden toimintaa pystytään tavittaessa suhteellisen helposti muokkaamaan tarpeen mukaan. (lähde What is



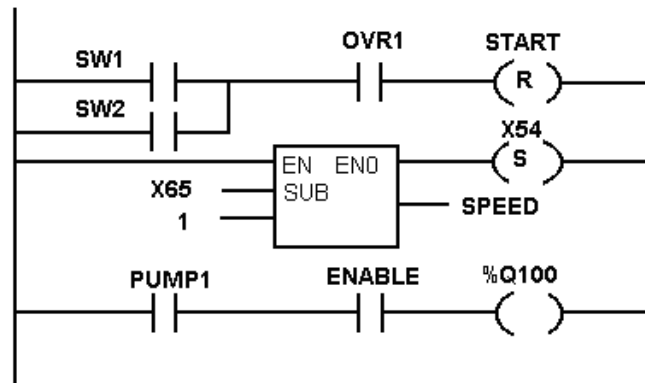
PLC?)

Kuva 16. Logiikka (http://www.plcdev.com/how_plcs_work)

Kuva 17. CP1L-sarjan Omron logiikka (Omron www-sivut)

3.3.2 Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikieliä

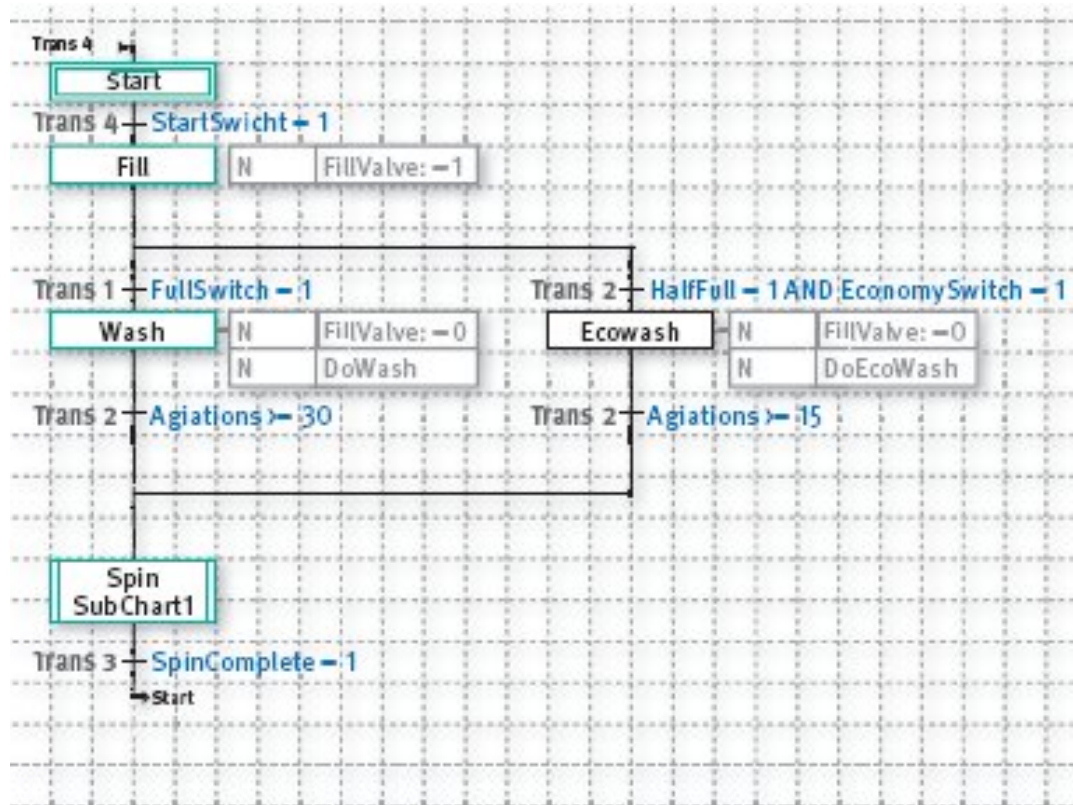
Ohjelmoitaessa logiikoita voidaan käyttää erilaisia standardoituja ohjelmointikieliä. Ladder (LD) eli niin sanottu tikapuumalli on yleisin kaikista käytettävistä logiikan ohjelmointikielistä. Hyvin yksinkertainen logiikan ohjelmointikieli ja sen takia myös kaikkein käytetyin. (Lähde Kronotech PLC languages)



Kuva 18. Ladder ohjelmointikielen esimerkki kuva (AMCI www-sivut)



Sequential Function Charts (SFC) on ohjelmointi kieli jota käytetään ohjaamaan monimutkaisempia prosesseja. Ohjelmointi tapahtuu perus palikoita hyödyntäen jotka muodostavat kaavion ohjelman kulusta. SFC ohjelmointikielen palikat eli askeleet (STEP) kuvaavat koneen kulloistakin operointi tilaa. Nämä askel (STEP) palikat ovat aina kuvattu suorakulmion sisään. Aloitus komento kuvataan aina kahden suorakulmion sisään. Askel palikat erottaa toisistaan aina SFC ‘Transition’ eli siirtymä ehto. Tämän siirtymä ehdon tulee täyttyä, jotta ohjelma voi siirtyä suorittamaan seuraavaa askelta. Koska SFC ohjelma toteutetaan kaaviomaisesti on sitä moneen muuhun ohjelmointi kieleen verrattaessa helppo lukea. (Lähde What is SFC myomron www-sivut)



Kuva 19. SFC ohjelmointi kielen esimerkki kuva(myOmron www-sivut)

ST eli Structured Text on korkea tasoinen logiikoiden ohjelmointikieli. Se muistuttaa hieman BASIC ja pascal ohjelmointikieliä (lähde Kronotech www-sivut)

ST sisältää monia ohjaus komentoja kuten IF-THEN

-ELSE-END_IF, FOR / WHILE loop ja monia matemaattisia functioita kuten SIN/LOG. ST sopii hyvin matemaattisten toimintojen ohjelmointiin ja suorittamiseen. (lähde Function block/ structured text introduction guide omron www-sivut)

ST program:

```
IF score > setover THEN      (* If score > setover, *)
  underNG := FALSE;         (* Turn off underNG *)
  OK := FALSE;              (* Turn off OK *)
  overNG := TRUE;           (* Turn on overNG *)

ELSIF score < setunder THEN  (* if score =< setover and score < setunder then *)
  overNG := FALSE;         (* Turn on overNG *)
  OK := FALSE;             (* Turn off OK *)
  underNG := TRUE;        (* Turn on underNG *)

ELSE                          (* if setover > score > setunder then*)
  underNG := FALSE;        (* Turn off underNG *)
  overNG := FALSE;        (* Turn off overNG *)
  OK := TRUE;              (* Turn off OK *)

END_IF;                       (* end of IF section*)
```

Kuva 20. ST ohjelmointikielen esimerkki (Omron Function block/ structured text introduction guide)

Instruction list (IL) on matalatasoinen ohjelmointikieli joka muistuttaa assembly ohjelmointikieltä(lähde AMCI www-sivut)

```
LD R1
MPC RESET
LD PRESS_1
ST MAX_PRESS
RESET: LD 0
ST A_X43
```

Kuva 21. IL ohjelmointikielen esimerkki (AMCI www-sivut)

3.4 Imupöydän ohjauksen pulssianturit

Koska tämän työn ideana oli vain vaihtaa imupöytää ohjaava logiikka ja tehdä siihen uusi ohjaava logiikkaohjelma ei muiden komponenttien valintaan tarvinnut juuri käyttää aikaa. Airwell on käyttänyt pöydän paikoitustietoon niiden koko tekohistorian ajan inkrementtiantureita, ja näitä antureita hyödyntää myös tämä vanhan ohjauksen korvaava logiikka. Pöydissä on nykyään italialaisen Likan valmistamat pulssianturit, jotka antavat 20 pulssia per kierros. 20 pulssin resoluutio antaa riittävän tarkkuuden imupöydän ohjaukseen. Tällä pulssi määrällä yksi pulssianturilta tuleva pulssi vastaa imuvaunun liikkeenä n. 1,7 cm:ä ja tämä on mini toimintaikkuna missä ohjaus saadaan toimimaan. Normaalisti tämä toimintaikkuna on säädetty noin 3cm:iin (kaksi pulssia). Esimerkiksi jos leikkauskoneella leikataan halkaisijaltaan 2,5cm reikiä ei imuvaunun tarvitse liikkua lainkaan, vaan vasta kun leikkauskone on kulkenut yli 3 cm:n raja-arvon (pulssiero anturien välillä on yli 2 pulssia) ajaa imuvaunu eron kiinni niin, että ollaan taas tuon toimintaikkunan 3 cm:n sisällä. Johtuen siitä, että imuvaunun liikuttamiseen käytetään täysin normaalia oikosulkumoottoria on vaarana, että moottori ylikuumentuu jos imuvaunu seuraisi leikkauskoneen pienintäkin liikettä. Tällainen jatkuva moottorin päälle ja pois kytkeminen saattaisi johtaa oikosulkumoottorin ylikuumentumiseen.

Kuva 22. Lika pulssianturit

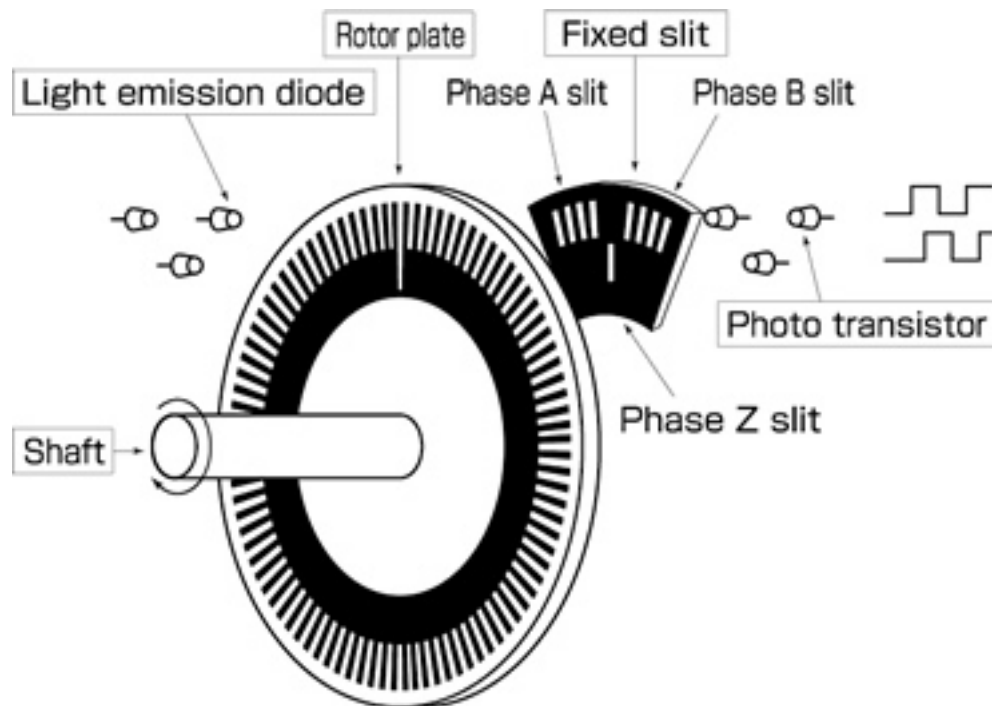
(http://m.optimuscontrol.com.my/?ws=showproducts&products_id=571522)

3.4.1 Inkrementti anturit

Inkrementti antureita voidaan käyttää liikkeen tai paikoitustiedon mittaamiseen.

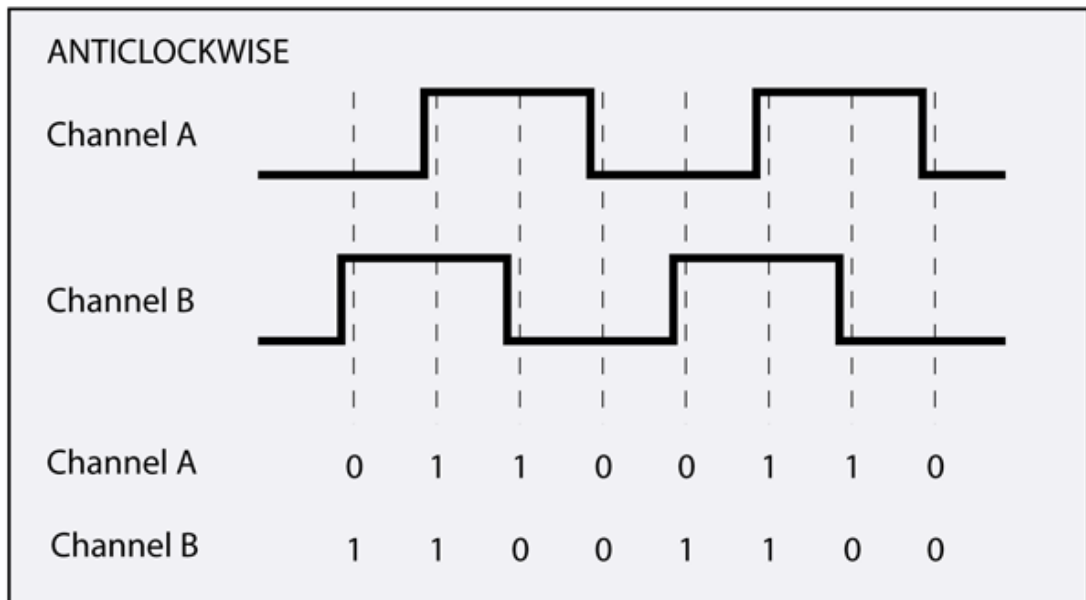
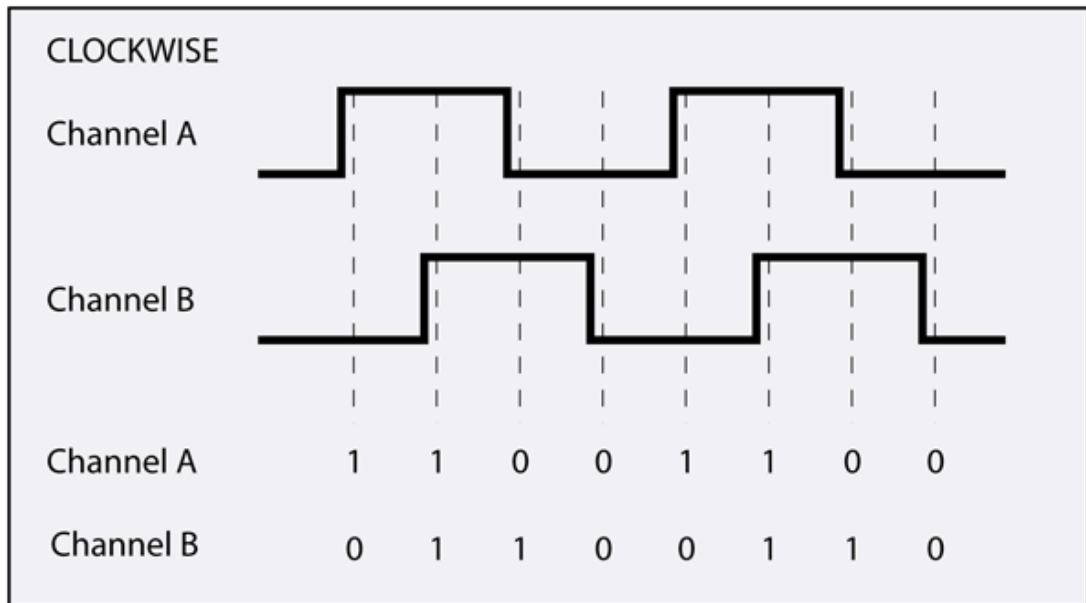


Suurin osa pulssiantureista käyttää optisia sensoreita tuottamaan sähköistä pulssitietoa joka taas voidaan muuttaa liike, suunta tai paikoitustiedoksi.(lähde NI www-sivut) Optiset pyörivät inkrementti-anturit koostuvat valonlähteistä ledeistä, koodikiekosta, koodikiekon toisella puolen sijaitsevasta valontunnistus levystä optisesta sensorista. Anturi toimii niin että ledit lähettävät valoa koodikiekon läpi joka koostuu valoa läpäisevistä ja läpäsemättömistä viiruista ja levyn toisella puolen oleva optinen sensori ohjaa lähtöjä sen mukaan havaitseeko se valoa vai ei. Anturi antaa ulos A ja B pulssia jotka ovat 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Koska ulos saadaan kahta pulssia jotka ovat 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden voidaan päätellä paikkatiedon lisäksi pyörimissuuntaa siitä kumman A vai B pulssin nouseva reuna on ensin vaikuttuneena.(Lähde Tamagawa-seigi www-sivut)



Incremental Encoder Simplified Structure

Kuva 23. Inkrementtianturi <http://www.tamagawa-seiki.com/english/encoder/>



Kuva 24. Anturin ulostulo pulssianturin pyöriessä myötä ja vastapäivään
<http://www.creative-robotics.com/quadrature-intro>

Pulssianturin tarkkuus riippuu siitä kuinka monta pulssia anturi antaa yhden kierroksen aikana. Pulssimäärä voi vaihdella esimerkiksi 0 - 65536 välillä.

3.5 Taajuusmuuttaja ja moottori

Imupöydän moottorin ohjaamiseen käytetään Vaconin valmistamaa Vacon 20 sarjan taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttaja valitaan aina käyttökohteen ja käytettävän moottorin mukaan. Imuvaunun liikuttamiseen käytetään 1,1 kW:n tehoista

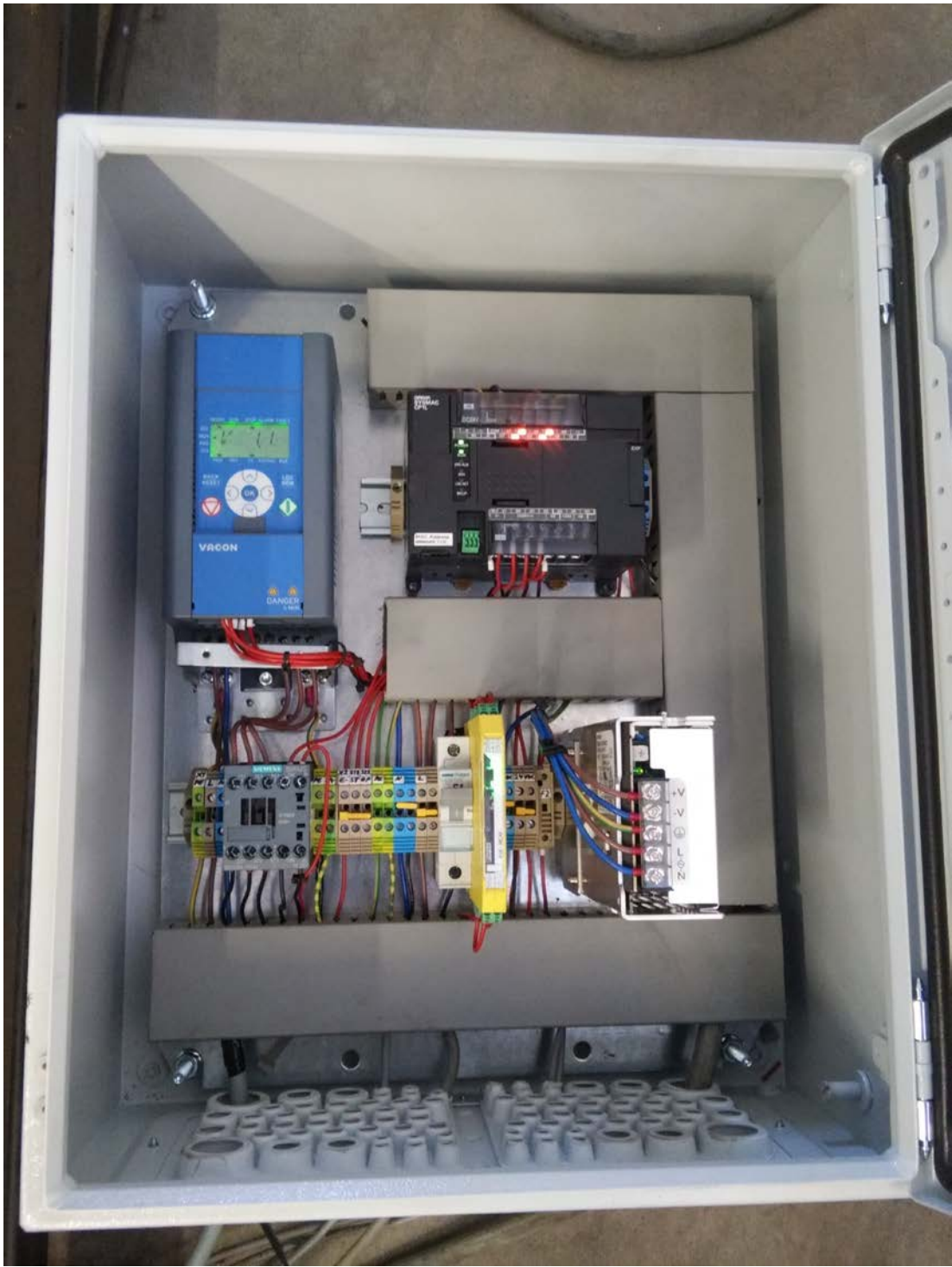
oikosulkumoottoria, joten myös valittu taajuusmuuttaja on tarkoitettu 1,1 kW:n tehoiselle moottorille. Logiikka ohjaa automaattiasennossa taajuusmuuttajan digitaalituloja sen mukaan minkälainen erotusluku on koneen pulssianturin ja vetoakselin pulssianturin välillä. Kun Vacon taajuusmuuttajan digitaalituloille tulee ohjaussignaali, ohjaa taajuusmuuttaja moottorin kierrosnopeutta muuttamalla moottorille lähtevää taajuutta eli hertsi (Hz) arvoa. Imupöydän ohjauksessa on Vacon taajuusmuuttajaan ennalta määritelty kolme eri nopeusaluetta molempiin suuntiin ajaessa, joita logiikka ohjaa päälle tai pois pulssiantureilta tulevan tiedon mukaan. Imuvaunun liikuttamisesta vastaa aivan normaali oikosulkumoottori joka on kytketty vaihteistoon jonka välityssuhde on 1:30. Vaihteiston 1:30 välityssuhteella saadaan moottorin vääntöä kasvatettua.

4 VALMIS IMUPÖYDÄN OHJAUS ASENNETTUNA TESTIPENKKIIN

4.1 Imupöydän ohjauskaappi

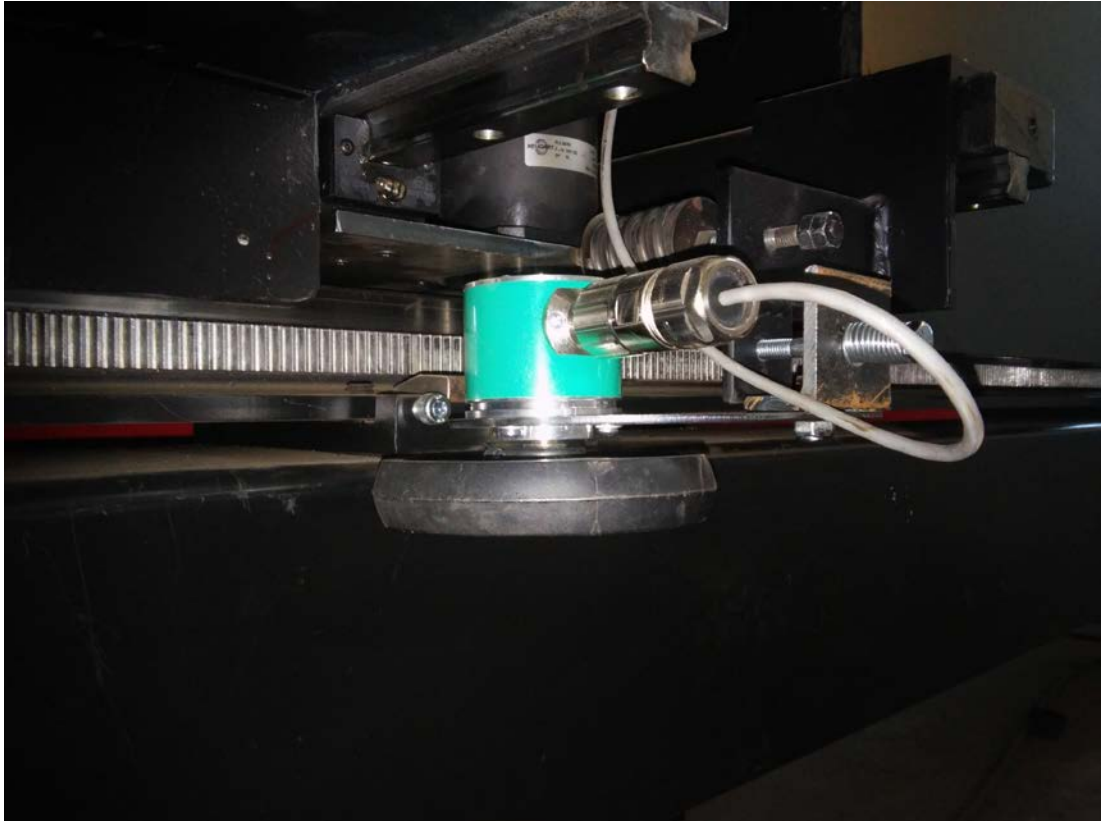
Kun kaikki imuvaunun ohjauskomponentit oli tiedossa täytyi suunnitella kuinka komponentit sijoitellaan järkevästi ohjauskaappiin ja minkä kokoinen kaappi riittää pitämään sisällään kaikki komponentit. Täytyy myös ottaa huomioon että yleensä tila johon kaappi asennetaan on teollisuustila ja näin ollen voi olla myös hyvinkin pölyinen ympäristö joten kaapin kotelointiluokan (IP-luokka) tulee olla riittävä, toisinsanoen kaapin tulee olla pölytiivis. Valitussa Rittalin valmistamassa kaapissa on IP luokitus IP66 joka riittää hyvin pölyisiin tiloihin.

Kuva 25. Valmis ohjauskeskus käytössä testipenkissä.



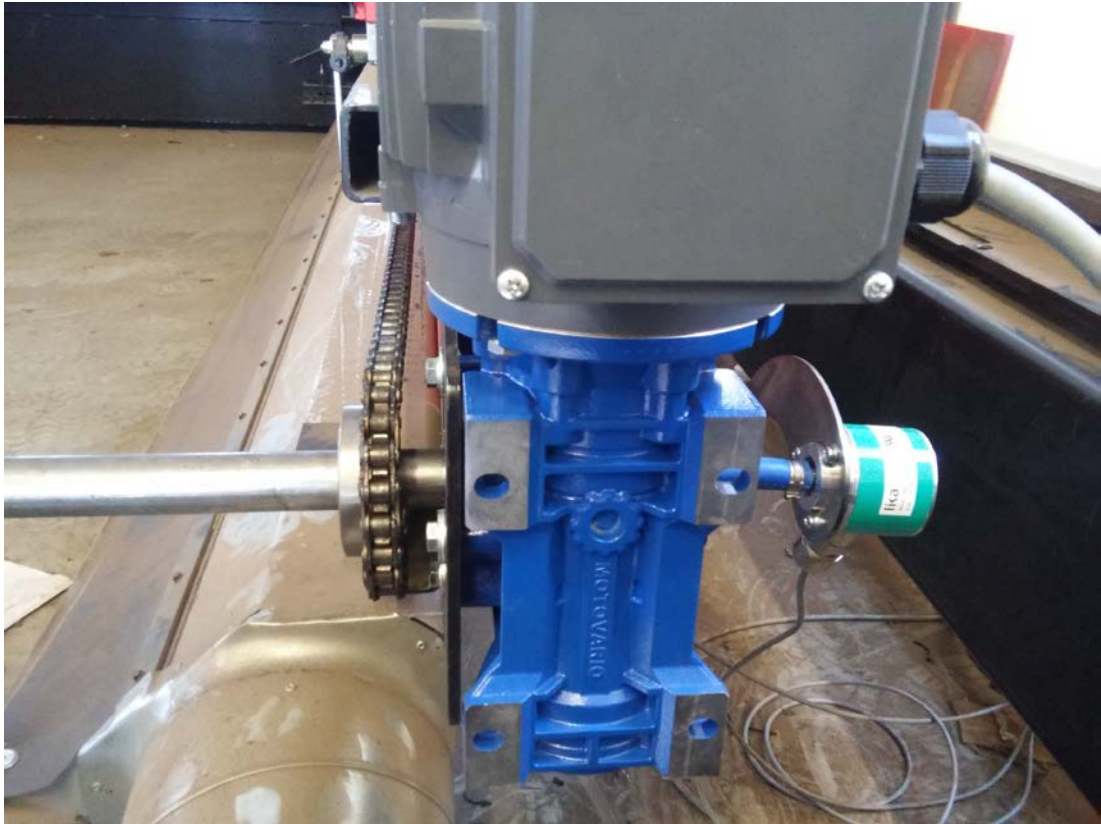
4.2 Imuvaunun ohjauksen pulssianturit kytkettynä testipenkkiin

Leikkauskonetta seuraava pulssianturi on asennettu leikkauskoneen runkoon niin että se pyörii kun leikkauskonetta ajetaan eteen tai taaksepäin. Yleensä pulssianturi asennetaan niin, että sen seurantapyörä on jousikuormalla painettu leikkauskoneen ajoradan runkoa vasten



Kuva 26. Leikkauskonetta seuraava pulssianturi.

Vetoakselin päässä oleva pulssianturi on asennettu imuvaunua vetävän vetoakselin päähän .



Kuva 27. Vetoakselilla oleva pulssianturi testipenkissä(imuvaunun paikkatieto)

Kun imuvaunun ohjaus asetetaan automaatti-tilaan asettaa logiikkaohjelma aina pulssianturien sen hetkisen arvon aloitusarvoksi 100000 jolloin lähtötilanne on aina sama ja ei tule ongelmia siitä, että pulssianturien arvot muuttuisivat miinus(-)merkkisiksi joka sekoittaisi logiikka ohjelman toimintaa. Automaatti-tilassa logiikka ohjelma vertaa leikkauskoneen ja vetoakselin pulssianturien erotuslukua ja ohjaa moottoria eri suuntiin sen mukaan mikä jättämä lukemilla on. Oletuksena on, että leikkauskoneen pulssianturin seurantapyörän ja vetoakselin vetohammaspyörän halkaisija on sama jolloin voidaan olettaa että yksi pulssi leikkauskoneen pulssianturilta vastaa liikkeenä yhtä pitkää matkaa kuin yksi pulssi vetoakselin pulssianturilta. Näin ei välttämättä ole jos leikkauskoneen pulssianturiin joudutaan jostain syystä kiinnittämään erikokoinen seurantapyörä, tätä varten on logiikkaan suunniteltu kerroin arvo joka lasketaan sen mukaan mikä on leikkauskoneen pulssianturin seurantapyörän ja vetoakselin vetohammaspyörän halkaisijoiden suhde,

ja tällä suhdeluvulla kerrotaan koneen pulssianturin arvo ja näin kompensoidaan halkaisijoiden aiheuttama ero pois.

4.3 Imuvaunun ohjauspaneeli

Kun imuvaunun ohjaus on integroitu Airwellin omaan leikkauskoneeseen on leikkauskoneen ohjaus paneeliin asennettu ohjaus painikkeet myös imuvaunun ohjausta varten.



Kuva 28. Imuvaunun ohjausnäppäimet leikkauskoneen ohjauspaneelissa.

Jos Airwell Oy toimittaa vain leikkauspöydän ja sen automaation käytettäväksi jonkun toisen valmistajan leikkauskoneeseen joudutaan ohjauspaneeli yleensä tekemään erilliseen kaukoohjaimeen.



Kuva 29. Imuvaunun kaukoohjain kun ohjausta ei ole integroitu leikkauskoneen ohjauspaneeliin.

4.4 Leikkauspöydän alla kulkeva roskavaunu

Leikkaussavukaasut, roiskeet, ja leikkausjäte kerätään leikkauspöydän alla liikkuvaan roska/savuimuvaunuun. Savuimuvaunu koostuu kahdesta eri osasta, ulkokuoresta sekä vaunun sisällä olevasta erillisestä tyhjennettävästä roskakiposta.



Kuva 30. Savuimuvaunu

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli korvata imuvaunun ohjauslogiikka uuteen, koska imuvaunun vanha ohjauslogiikka poistui markkinoilta. Uuden ohjauksen suunnittelu oli verrattain hyvin nopeaa, koska vanhan ohjaus logiikan ohjelmaa käytettiin pohjana uuden suunnittelussa. Olisi ollut turhaa lähteä muuttamaan täysin toimivaa ohjelmaa toisenlaiseksi jo senkin takia, että uuden logiikan täytyi sopia myös jo käytössä olevien ohjauksien korvaamiseen. Koska ohjauksesta ei todellisuudessa tarvinnu juuri uusia muuta kuin ohjaava logiikka oli muiden komponenttien valinta hyvin yksinkertaista. Kun kaikki komponentit oli kasassa, tein testipenkin jossa oli koko ohjainjärjestelmä kytkettynä, tämän avulla sain logiikan ohjelmointia tehdessäni kokeiltua heti kunka ohjaus toimii käytännössä. Näin ollen tiesin, että ohjaus varmasti toimisi oikein ennen kuin asentaisin sen todelliseen imupöytään testiin. Myös ohjauksen tulevaisuuden kehitysideoista keskusteltiin Airwell Oy:n toimitusjohtajan Antti Palomäen kanssa. Ideana on että jollain aikavälillä imuvaunun ohjaukseen kehitellään kosketusnäytöllinen käyttöliittymä sekä imuvaunun seuranta logiikka ohjelmaa kehitetään edelleen. Myös laitteiden etähallinta mahdollisuuksia on tarkoitus tutkia tulevaisuudessa, tämä mahdollistaisi esimerkiksi koneiden diagnosoinnin etäyhteyden avulla.

LÄHTEET

Lincoln Electric What is Plasma Viitattu 20.2.2017

<http://www.lincolnelectric.com/en-us/equipment/plasma-cutters/process-and-theory/Pages/what-is-plasma.aspx>

Esab Mikä on teräslevyn paras leikkausmenetelmä viitattu 28.3.2017

<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/what-is-the-best-way-to-cut-steel-plate.cfm>

AGA Polttoleikkaus viitattu 28.3.2017

http://www.aga.fi/fi/processes_ren/cutting/flame_cutting/index.html

Hypertherm tietoa polttoleikkauksesta viitattu 1.4.2017

<https://www.hypertherm.com/en-US/learn/cutting-education/understanding-oxyfuel-technology/>

Plasma cutting handbook Google kirjasto viitattu 3.5.2017

https://books.google.fi/books?id=F2i3ESRsuJAC&pg=PP15&lpg=PP15&dq=plasma+cutting+history&source=bl&ots=GCI8w3QkEb&sig=xPMLhAig-fkOUmIeQOKa_eeWFQ&hl=fi&sa=X&ved=0ahUKEwi2m-fU-tPTAhWI8ywKHYtgB_E4FBD0AQhGMAQ#v=onepage&q=plasma%20cutting%20history&f=false

How does the laser process work viitattu 4.5.2017

<http://www.esabna.com/us/en/education/blog/laser-cutting-process.cfm>

FIBER LASERS: Fiber lasers: The state of the art viitattu 4.5.2017

<http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-48/issue-04/features/the-state-of-the-art.html>

Kemper Welding fumes- What are they? Viitattu 11.5.2017

<https://www.kemper.eu/en/worth-knowing/welding-fume-in-general/welding-fumes-what-are-they>

Kemper Composition of welding fumes viitattu 11.5.2017

<https://www.kemper.eu/en/worth-knowing/welding-fume-in-general/composition-of-welding-fumes>

Kemper How large are the individual particles in welding fumes? Viitattu 11.5.2017

<https://www.kemper.eu/en/worth-knowing/welding-fume-in-general/how-large-are-the-individual-particles-in-welding-fumes>

What is PLC viitattu 14.5.2017

<http://library.automationdirect.com/what-is-a-plc/>

Kronotech PLC languages viitattu 17.5.2017

<http://www.kronotech.com/PLC/Languages.htm>

What is SFC viitattu 17.5.2017

https://www.myomron.com/modules/kb/file_d.php?id=4

Function block/ structured text introduction guide viitattu 18.5.2017

https://www.fa.omron.com.cn/data_pdf/mnu/r144-e1-04_cx-programmer.pdf?id=1605

Encoder measurements:how to´guide viitattu 18.5.2017

<http://www.ni.com/tutorial/7109/en/>

Rotary encoders viitattu 18.5.2017

<http://www.tamagawa-seiki.com/english/encoder/>