

Antti Siirtola

Polttoleikkauskoneen modernisointi

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Toukokuu 2014

TIIVISTELMÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Toukokuu 2014	Tekijä/tekijät Antti Siirtola
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi Polttoleikkauskoneen modernisointi		
Työn ohjaaja Jari Kaarela ja Sakari Pieskä		Sivumäärä 35
Työelämäohjaaja Keijo Keski-korpi		
<p>Työn toimeksiantaja oli Topi-Koneet Oy, joka valmistaa maanrakennukseen ja maatalouden liittyviä tuotteita. Työn tavoitteena oli suunnitella polttoleikkauskoneen ohjaus, joka kykenee hyödyntämään CAD-pohjaisia kuvia. Työssä pyritään löytämään kustannustehokas ratkaisu ohjausyksikön toteutukseen. Valmista mekaniikkaa hyödynnettiin polttoleikkauskoneen liikeradoissa ja kaasujärjestelmässä. Työssä käsitellään polttoleikkauksen perusteet, sekä tutustutaan servotoimilaitteisiin ja niiden parametrisointiin. Työ jakautuu teoriaan, suunnitteluun ja asennustyöhön. Asennuksen jälkeen leikkasimme valmiita tuotannon kappaleita. Kokonaisuutena työ oli erittäin palkitseva, jossa oppi teoriaa ja käytäntöä automatiikasta, servotoiminnasta ja sähkö-opista.</p>		

Asiasanat

Polttoleikkaus, Servojärjestelmä, Ohjausjärjestelmä, CNC-ohjaus.

ABSTRACT

Degree programme Industrial management	
Name of thesis Flame cutting machine modernization	
Instructor Jari Kaarela and Sakari Pieskä	Pages 35
Supervisor Keijo Keski-korpi	
<p>This thesis was commissioned by Topi-Koneet Oy. The company produces excavation and farming products. The company uses flame cutting daily in production. The subject of the thesis was to design a control-system to a flame cutting machine by using CAD-programming. The existing mechanics and gas-lines were utilized in the design.</p> <p>The purpose of this study was to find the best solutions for a cost-effective servo-controlled system and learn to use a control system using servo technology. The process was divided in three sections: theory, designing and installation work. After the installation the machine was tested by cutting parts.</p> <p>The thesis was rewarding and I learned much about automation, servo systems and control system.</p>	

Key words

Flame cutting, Servo system, Control system, CNC controlling

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 LEIKKAUSMENETELMÄT	3
2.1 Polttoleikkaus.....	3
2.2 Vaihtoehtoiset menetelmät	4
3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	6
3.1 Automaatio	6
3.2 Ohjausjärjestelmä	7
3.3 Servolaitteisto	7
3.3.1 Servovahvistin.....	8
3.3.2 Servomoottori.....	9
4 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTO	11
4.1 Argon-servovahvistin	11
4.2 Servomoottorit	12
4.3 Ohjelmisto	12
4.3.1 Granity.....	13
4.3.2 Mach3	13
5 SUUNNITTELU	15
5.1 Servolaitteisto	15
5.2 Sähkökaappi.....	17
6 LAITTEISTON TOTEUTUS.....	20
6.1 Mekaniikka.....	20
6.2 Kytkenät asennuksessa	23
6.2.1 Nostomoottorit	24
6.2.2 Magneettiventtiilit.....	25
6.2.3 Vaihdelaatikko	27
6.3 Ohjelmointi	28
6.3.1 Mach3	28
6.3.2 Parametrit	29
7 POHDINTA.....	34
LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

Tein työn metallialan yritykseen, joka on toiminut aktiivisesti 90-luvun alusta lähtien. Yritys valmistaa raskaita metallituotteita maanrakennus- ja maatalouskoneisiin. Tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa kaivinkoneen kauhoja ja liittimiä, lietekärriä ja niihin soveltuvia pumppuja. Kuviossa 1 esitellään tuotteita ja niiden leikattavia muotoja. Polttoleikkausta tapahtuu yrityksessä päivittäin. Leikattavana on osia sarjoina ja yleisinä mittoina, mutta myös erillisiä osia, joita ei ole ennestään valmistettu. Erityisesti suurien kappalemäärien leikkaamiseen tämä uudistus on kehittävä vaikutus.



KUVIO 1 Erilaisia leikattavia muotoja tuotteissa (Topi-Koneet Oy 2010)

Yrityksessä on ollut kaksi erillistä polttoleikkauskonetta, jotka kummatkin toimivat optisella ohjauksella. Toinen on ajan myötä lakannut toimimasta, johon tämä työ kohdistuu. Työn aikatauluun joustavuutta lisäsi se, että yritys pystyy leikkaamaan toisella koneella tarvittavat osat, jolloin toisen koneen modernisointi ei vaikuta hidastavasti yrityksen tuotantoon.

Lähtökohtana työn aloittamiseen oli osiksi purettu kone, joka oli varastoitu tehtaan tiloihin. Aluksi arvioimme, paljonko ohjauksen uusiminen voisi maksaa ja pystyisinkö tekemään sitä itse. Lähdin tutkimaan uuden ohjausyksikön valmistamiseen käytettäviä vaihtoehtoja. Kyseiseen yritykseen oli tehty tarjous koneen kunnostamisesta 4000-5000 euroa, joten budjetti oli valmiiksi määritelty. Hintoja tutkiessani tuli esille, että moni ratkaisumalli mitä oli alunperin suunnitelmassa, täytyi jättää käyttämättä. Alkuperäiseen suunnitelmaan kuului ohjelmoitava logiikka, johon olisin tehnyt ohjauksen. Lisäksi teollisuustietokone, joka sisältää näytön ja mahdollistaa käyttöliittymän muokkaamisen mieleiseksi. Ainoastaan nämä kaksi osaa olisi vienyt yli puolet budjetista, joten täytyi etsiä halvempaa ratkaisua.

Cnc-ohjauksen etuina ovat sen nopeus ja tarkkuus. Piirrustukset voi hakea suoraan tietokoneen kovalevyltä ja sarjavalmistuksessa voi kaikki kappaleet leikata yhdellä asetuksella. Samalla se poistaisi isot paperipinkat piirustuksia, joita käytetään optiseen ohjaukseen. Myöskin vältytään piirustuksien pölyttymiseltä ja palamiselta, jotka hankaloittavat optisen ohjauksen lukua.

Koska kriteerinä oli, että kone ohjautuu CAD-kuvia hyödyntämällä, oli etsittävä siihen sopiva ratkaisu. Internetistä valmistajien ja harrastajien sivuilta löytyi paljon toimintamalleja, kuinka vastaavan ohjauksen voi valmistaa. Halvemmat vaihtoehdot perustuivat PC:llä ohjattuun toteutukseen, jossa tietokoneeseen asennetaan ohjelma, joka lukee tallennettuja kuvia. Päätin käyttää työssä tietokonetta ja valita siihen Windowsiin yhteensopivan ohjelman, koska kyseisestä käyttöjärjestelmästä oli itselleni eniten kokemusta ja Windows-pohjaisia tietokoneita oli helposti saatavilla.

2 LEIKKAUSMENETELMÄT

Terminen leikkaus on metallin polttamista tai sulattamista leikkausurasta. Levynkäytön optimointi on tärkeää, tässä tapauksessa NC- eli numeerinen ohjaus on merkityksellinen. Osia suunnitellessa voi valmiiksi käyttää sijoitteluohjelmaa hukkamateriaalin minimoimiseksi. Numeerisessa ohjauksessa hyödynnetään paljon computer aided design (CAD) ja computer aided manufacturing (CAM) ohjelmistojia, joilla voi tietokoneella piirtää kuvan muodot ja ajoradat. Optinen ohjaustapa ja mallineen käyttö ovat vanhoja, mutta vielä käytössä olevia ohjausmenetelmiä. (Kauppinen 1992, 100)

Optinen ohjaus perustuu kosketuksettomaan anturiin. Optisessa anturissa on valonlähde, joka heijastetaan takaisin vastakappaleesta. Valonsäteen katkeaminen tai äkillinen heikkeneminen kytkee anturin muutoksen. Polttoleikatessa optinen lukupää seuraa valkoiselle paperille piirrettyä mustaa viivaa ja antaa liiketietoa moottoreille. Jos viivassa on katkeama tai muita valon heijastumiseen vaikuttavia tekijöitä, lukulaite karkaa sijainnista. Optisella lukupäällä voi leikata suhteessa 1:1 piirrettyjä kuvia, joka vaatii paljon tilaa isoja kappaleita leikattaessa. (Kotamäki & Nyberg, 1992)

2.1 Polttoleikkaus

Polttoleikkaus on terminen leikkausmenetelmä. Kaasulla käytettävää polttoleikkuria käytetään yleisesti metallin leikkaamiseen. Kaasulla leikattaessa käytetään happea ja nestekaasua. Nestekaasun sijasta voi käyttää myös asetyleeniä. Asetyleenin käyttö rajoittuu vain seostamattomille teräksille. (Shy 2012)

Polttoleikkaussuuttimiin on liitetty kolme eri kaasuletkeä: happi korkealla paineella, happi matalalla paineella ja nestekaasu. Leikkaus tapahtuu ajamalla suutin

leikkauksen aloituspisteeseen, jossa lisätään hapen syöttöä sen verran, että kappale lämpenee nopeasti. Kun kappaletta on lämmitetty syttymislämpötilaan, aukaistaan korkean paineen happi leikattava kappaletta kohti. Kun happisuihku läpäisee kappaleen, lähdetään suutinta kuljettamaan vaadittua liikerataa pitkin. (Shy 2012)

Teräksen on oltava syttymislämpötilaltaan matalampi kuin sen sulamislämpötila. Leikkauksessa syntyvän kuonan on oltava juoksevaa ja sen täytyy sulaa ennen terästä. (Shy 2012)

Leikkausrailon leveys on riippuvainen leikattavan materiaalin vahvuudesta. Eri levyvahvuuksille on eri suutinkoko, jolloin vahvempaa kappaletta leikattaessa railonleveys kasvaa.

Polttoleikkauksen ovat korvanneet monessa tilanteessa erityyppiset leikkausmenetelmät. Polttoleikkaus on vähentynyt viimeaikoina uusien menetelmien myötä, mutta edullisen hinnan vuoksi polttoleikkausta käytetään silti edelleen.

2.2 Vaihtoehtoiset menetelmät

Plasmaleikkuri on yleistynyt varsinkin ohuiden levyjen leikkauksessa. Plasmaleikkuri perustuu kappaleen ja suuttimen väliseen jännitteen kasvuun, jolloin kappaleen pinta sulaa. Plasma on sähköä johtavaa kaasuseosta, joka puhaltaa sulatetun aineen kappaleesta. Ero polttoleikkaukseen on siinä, että plasma toimii yli 20 000 celciuksen lämpötilassa, joten sillä voi leikata useampia materiaaleja. Plasmaleikkurin hinnat kasvavat kuitenkin suureksi jos leikattavat kappaleet ovat paksuja. (Shy 2012)

Laserleikkaus on erittäin tarkka leikkausmenetelmä. Se perustuu valosäteilyn kohdistamiseen tiettyyn pisteeseen. Elektromagneettisesta säteilystä vakioidussa aallonpituudessa muodostuu lasersäde. Myös laserleikkauksessa käytetään sulan

aineen poistoon lisäkaasua. Laserleikkausvälineet ovat ainakin vielä tällä hetkellä kalliita. (Shy 2012)

Laserleikkauksen työjälki on erittäin kapea ja leikkausjälki tarkkaa. Laserleikkaus on hyvin suosittu menetelmä työstökeskuksissa. Laserleikkurit ovat aina numeerisesti ohjattuja ja niitä voi käyttää myös 3D-leikkaamiseen. (Kauppinen 1992, 100)

3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Automaatiojärjestelmiä näemme ympärillämme päivittäin. Huomaamattaan käytämme niitä ajattelematta ja ne tuovat apua pieniinkin asioihin. Kauppaan kävellessä ovet aukeavat automaattisesti, autossa ilmastointi pitää lämpötilan sopivana, tulostin kirjoittaa paperit, liikennevalot ohjaavat liikennettä ja paljon muita esimerkkejä. Monet järjestelmät perustuvat samanlaisiin ohjauksiin, jossa käytetään antureita, moottoreita ja muita automaatiojärjestelmien ohjaustekniikoita. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 3)

3.1 Automaatio

Automaatiolla tarkoitetaan itsenäisesti ilman ohjausta tapahtuvaa annettujen tehtävien suorittamista. Tekniikassa automaatio käsittää servotoimintaa, mittausta ja säätöä. PC ja ohjelmoitava logiikka (PLC) on yleinen automaation ohjausratkaisu, jolla valvotaan ja säädetään toiminnot tarvittaviksi. (Keinänen ym. 2007, 7)

Automaatio on monien ajattelutavassa kielteinen asia. Kuvitelma on, että automaation lisääntyessä myös työttömyys lisääntyy. Automaation tarkoitus on parantaa tuotteen laatua ja lisätä tuotantomäärää teollisuudessa. Usein työpistettä automatisoidessa, siinä työskennellyt työntekijä jää valvomaan prosessia, parhaassa tilanteessa työntekijä koulutetaan automatisoinnin yhteydessä erityisosaamiseen, joka lisää työntekijän palkkaa. Myös tuotannon lisääntyminen kasvattaa työpaikkamäärää työpaikan muilla osa-alueilla. (Keinänen ym. 2007, 8)

3.2 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä tarkoittaa yksikköä, joka ohjaa yksittäistä konetta tai toimintakokonaisuutta. Ohjausjärjestelmällä ohjataan esimerkiksi lämpötiloja, robottia tai erilaisia säätimiä. Ohjausjärjestelmään kuuluu yleensä yksittäinen ohjain, joka valvoo järjestelmän toimintaa. (Keinänen ym. 2007, 210)

Avoim ohjausjärjestelmä tarkoittaa ohjausta, missä ohjaus ei tiedosta ohjattavien komponenttien liikkeitä. Suljetussa ohjausjärjestelmässä ohjaimelle tulee jatkuva tieto ohjattavien komponenttien tilasta. Avoimen ohjauksen esimerkkinä talon lämmityspatterit. Huoneisto jossa on termostaatilla varustettu patteri, pitää lämmitysveden virtauksen jatkuvasti samana. Tässä tapauksessa, jos huoneiston ikkuna avataan, ei patteri pidä huoneiston lämpötilaa tasaisena, koska se ei tiedosta lämpötilan muutosta. Suljetussa ohjauksessa huoneistossa olisi lämpötila-anturi, joka antaa patterin säätimelle tiedon huoneiston viilenemisestä, jolloin säädin lisää patterin virtausta ja lämpötila pysyy tasaisena. (Johnsson & Kördel 2003, 7-8)

3.3 Servolaitteisto

Servo nimitys tulee latinan kielisestä sanasta servus, joka tarkoittaa orjaa. Tämä kuvastaa hyvin servon toimintaa ja sen vaatimuksia. Lähes kaikkia toimintoja, missä on ohjauksen ja ohjaimen välinen takaisinkytkentä, kutsutaan servoksi. Servo tottelee sille annettua käskyä ja sitä seurataan, jotta käsky toteutuu. Servo voi toimia monilla eri voimanlähteillä, esimerkiksi pneumatiikalla tai hydraulikalla, eikä se tarkoita aina sähköistä servoa. (Johnsson & Kördel 2003, 6)

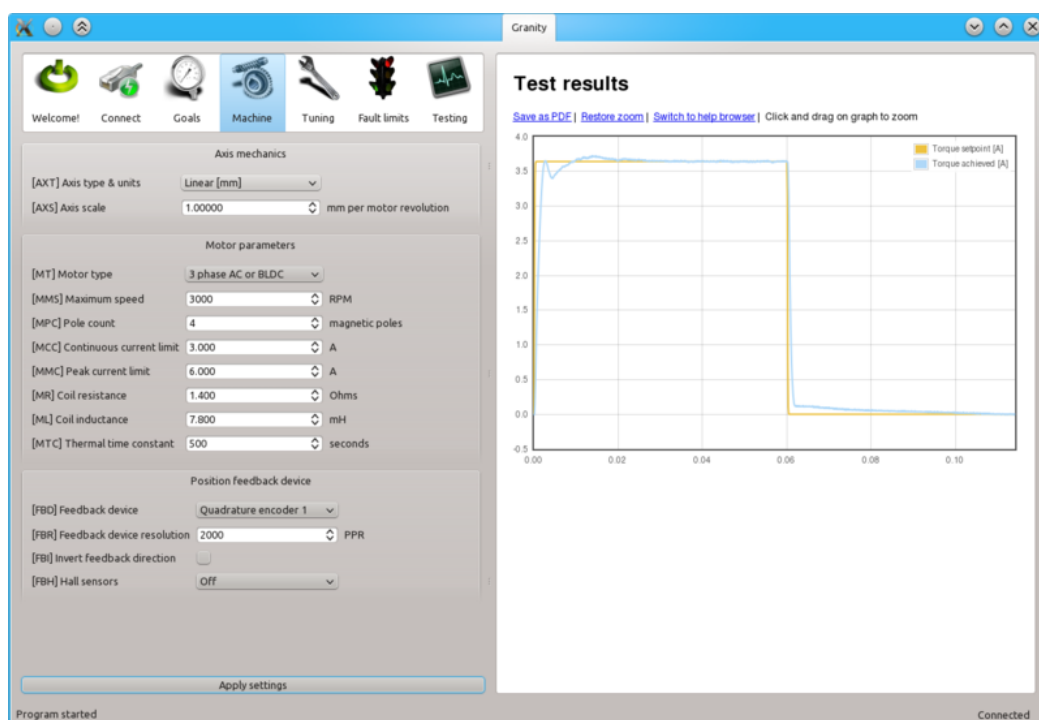
3.3.1 Servovahvistin

Servovahvistin on servolaitteiston keskus. Se antaa liikekäsken moottoreille ja saa samaan aikaan signaalia, miten moottorit liikkuvat korjaten liikkeitä sen mukaan. Servovahvistin saa signaaleja ulkoiselta ohjaimelta joko vääntöön, nopeuteen tai paikkaan liittyen. Servo-ohjain pitää huolen siitä että annetut käskyt toteutuvat.

Servovahvistimen toiminta perustuu siihen, kuinka se muokkaa lähtevää signaalia, kun sen tulosignaali tapahtuu muutos. Signaalin muutokseen on monia eri tekijöitä. Vahvistimessa vertaillaan tietoa kuinka nopeasti se reagoi tilan muutokseen. Koska moottorin tila ei ole täysin vakaa, eli se korjaa kokoajan itseään kohti annettua pistettä, on vahvistimelle annettu eri määreitä millä säätää käyttäytymistä.

P-toiminto on parametrien säätämistä ohjaimeen. Sillä vahvistetaan tulosignaalin voimakkuutta, jolloin haluttu liikearvo saavutetaan nopeammin. Liian suurella voimakkuudella voi kuitenkin aiheutua moottorin epävakautta, jolloin se alkaa värisevän. P-arvoa säätäessä onkin syytä etsiä kriittinen piste ja palauttaa siitä arvoja hieman takaisinpäin. Kun P-toiminto on säädetty, jää lopulliseen liikkeeseen pysyvä poikkeama. Säättämällä integroivaa osaa saa poikkeaman mahdollisimman pieneksi. Liian suurella integroinnilla on samat vaikutukset kuin P-arvon säädöllä. Integroiva osa pienentää poikkeamaa, mutta heikentää vakautta. (Johnsson & Kördel 2003, 61-62)

Ulkoisella ohjelmalla voi katsoa graafisesti vahvistimen saamaa signaalia ja käyttäytymistä, johon esimerkki kuviossa 2. Grafiikoiden avulla vahvistimeen saa asetettua sopivat parametrit konekohtaisesti.



KUVIO 2 Esimerkki Granity-ohjelman grafiikasta (Granite Devices 2014)

Askelvaste on vahvistimelle tuotu signaali, jossa moottorin täytyy liikkua paikaltaan äkillisesti tiettyyn pisteeseen. Asettumisaika tarkoittaa kuinka nopeasti askelmuutoksen saatuaan se on vakaimmillaan loppuarvossa. Ylitys tarkoittaa kuinka paljon askel ylittyy sitä kohti mentäessä ja taas alittuu palatessa takaisin kohti askelmuutosta. Nousuaika on tulevasta signaalista kulunut aika siihen, kun se ensimmäisen kerran kohtaa askelluspisteen. Pysyvä poikkeama on arvo joka jää vakautumisen jälkeen poikkeavuudeksi määränpään ympärille. (Johnsson & Kördel, 55)

3.3.2 Servomoottori

Servomoottoreita löytyy monenlaisia: harjattomia, harjallisia, tasavirta ja vaihtovirtaisia. Servon tehtävä on suorittaa liikeratoja tarkasti tai nopeasti, keventäen mekaanista taakkaa. Servomoottori voi olla joko pyörivällä akselilla, tai lineaarinen. Lineaarinen moottori tekee suoria liukuvia liikkeitä. Lineaarisella liikkeellä saa kap-

paleen siirtymään tiettyä liikerataa ilman vaihteistoa. Pyörivä moottori on yleisempi käsite. Se vaatii kuitenkin mekaniikkaa suorien liikkeiden toteutukseen.

Harjattoman vaihtovirta servomoottorin läpimurto tuli vuonna 1983. Vuonna 1990 yleistyi PC-tietokone ohjauksen käyttö, jonka jälkeen servomoottorit ja järjestelmät ovat kehittyneet paljon. Harjattoman moottorin roottorin käämitys on korvattu kes-tomagneeteilla, jonka ympärille moottorin rungon käämitys muodostaa pyörivän magneettikentän. Tämä poistaa ennakoitavaa huoltoa moottoreilta ja pidentää moottorin elinikää. Vaikka harjattomat servomoottorit ovat vielä kalliimpia kuin harjalliset, tulevat ne silti käyttöiän myötä edullisemmaksi.

Servomoottori vaatii anturikytkennän asentotiedon tunnistamiseen. Pyöriäkseen moottori lähettää joko magneettisen tai optisen anturin avulla tiedon servovahvistimelle, joka ohjaa moottorin liikettä tulevan signaalin perusteella. Servomoottorin vääntömomentti on suoraan verrannollinen virtaan ja sen nopeus jännitteeseen. (Johnsson & Kördel, 17-26)

Enkooderi on vaihtovirtamoottoreissa yleisin pulssianturi. Anturi mittaa moottorin asentoa suhteessa kotiasentoon pyörivän reikäkiekon avulla. Reikäkiekon läpi tunkeutuu valopulsseja joiden avulla signaalitieto lähtee tarkasti. Tyypillistä servomoottorille on, että sen paikkatieto perustuu aina vertauksena kotiasemaan. Absoluuttinen asennon ohjaus tarkoittaa sijaintia kotiasemaan nähden. Inkrementaalinen tarkoittaa paikkatiedon vertausta sillä hetkellä olevaan paikkaan nähden. (Johnsson & Kördel, 41)

4 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO JA OHJELMISTO

Tässä kappaleessa esitellään työssä käytetty servo-ohjauksen laitteisto. Esittelyssä on keskitytty liikkeenohjauksen pääkomponentteihin ja ohjelmistoon.

4.1 Argon-servovahvistin

Argon-vahvistin on Granite Devices-yhtiön myymä servovahvistin. Vahvistimella voi ajaa harjallisia, harjattomia ja lineaarisia moottoreita. Moottorin ohjauksessa on mahdollista käyttää asema, nopeus, ja vääntöohjausta. Vahvistin on helposti kytkettävissä PC:n kanssa ethernet johdolla tietokoneen USB-porttiin adapterin välityksellä. Argon lukee perinteisiä analogisia ja digitaalisia signaaleja. (Granite Devices 2014)

Vahvistin sisältää virtalähteen, joka pystyy ajamaan moottoria 50-1500 watin teholla. Argonissa on liitäntäportti erikseen ohjaus signaalin tuomiseen, joka mahdollistaa moottoreiden ajamisen suoraan esimerkiksi Mach3 ohjelmalla. Samassa on mahdollisuus liittää raja- ja kotianturit suoraan ohjaimeen. Kuviossa 3 on nähtävillä vahvistimen liitännät. (Granite Devices 2014)



KUVIO 3 Argon-servovahvistin

4.2 Servomoottorit

Servomoottoreina on käytössä kaksi 150 wattista harjatonta vaihtovirtamoottoria. Moottoreissa on enkooderit, jotka laskevat 4000 pulssia/kierros. Maksimi kierrosnopeus on 3000 kierrosta minuutissa. Moottorit ovat jarruttomia.

4.3 Ohjelmisto

Työssä on käytössä kaksi tietokonepohjaista ohjelmaa, joita käytetään Windows käyttöjärjestelmällä. Kummatkin ovat pakollisia olttoleikkauskoneen kokonaisuuden toimivuudessa. Toinen ohjelma on servovahvistimien parametrien asetuksiin, toinen on servovahvistimien ohjaukseen.

4.3.1 Granity

Vahvistimen valmistajan sivuilta voi ladata ilmaiseksi Granity-ohjelman, jolla pystyy säätämään parametrit vahvistimeen. Ohjelma on pienen tutustumisen jälkeen helppokäyttöinen ja valmistajan sivuilta löytyy tarkat käyttöohjeet ohjelman käyttöön. Ohjelmalla saa tehtyä moottorin testiajon väännölle, nopeudelle ja asemalle. Testiajon aikana piirtyy grafiikka siitä, miten moottori reagoi annettuun signaaliin. Parametrit on säädettävissä reaaliaikaisesti testin yhteydessä, jonka jälkeen ne on tallennettavissa servo-ohjaimen omaan muistiin. (Granite Devices 2014)

Ohjelmassa on nähtävissä reaaliaikaisesti kaikki käynnissä olevat toiminnot, kuten enkooderin paluutieto, mahdolliset vikatilat, aktiivisena olevat kytkennät ja ohjaimessa kulkeva virtamäärä.

4.3.2 Mach3

Mach3 on Artsoftin valmistama järjestelmän ohjain, joka antaa servovahvistimille liikekäskyt ja hallinoi järjestelmän muita tarvittavia komponentteja. Tietokoneella käytettävä ohjelmisto, joka perustuu CAD/CAM ohjelmien ja G-koodin prosessointiin. Soveltuu muun muassa sorvin ja jyrsimen työstöratojen ajamiseen.

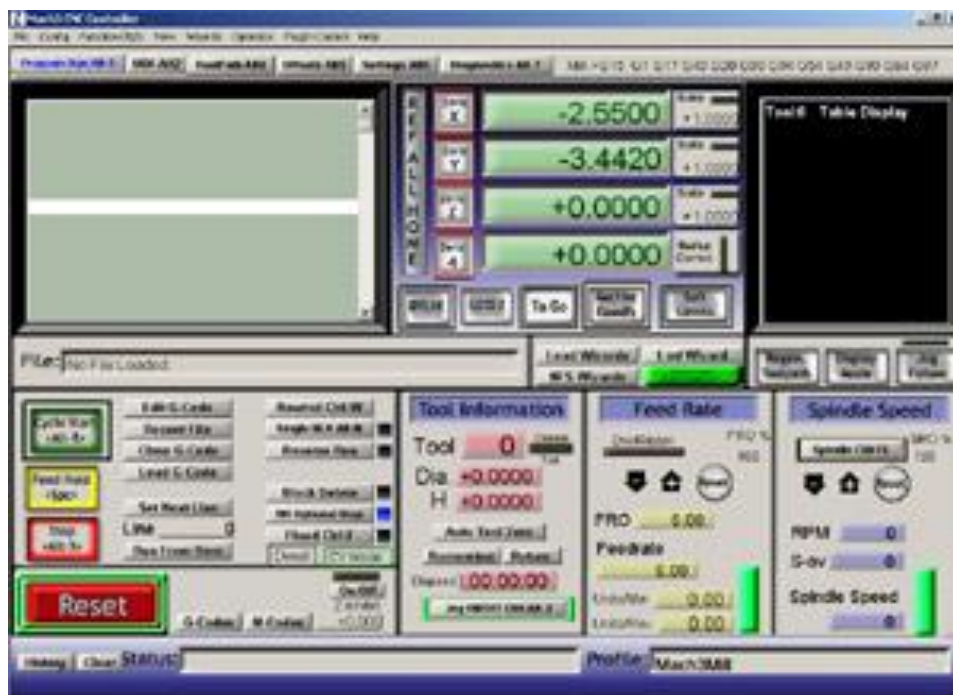
Ohjelmistotoimittajan mukaan ohjelmisto on monikäyttöinen: ”Mach3-ohjelma toimii lähes kaikissa Windows pohjaisissa tietokoneissa, jonka tarkoitus on ohjata moottoreita prosessoimalla G-koodia. Se mahdollistaa kuuden akselin samanlaisen ohjauksen perus tietokoneella. Ohjelma lukee: DXF, BMP, JPG ja HPGL tiedostoja, jotka on ajettu saman valmistajan Lazycam kääntöohjelmalla.” (Mach-support 2003.)

Mach3 ohjelmaan on helppo tutustua kokemattomanakin. Artsoftin kotisivuilta löytyy paljon opetusvideoita ohjelman käyttöön liittyen. Kaikki tarpeellinen ohjelman peruskäyttöön on näytetty selvästi. Omaan käyttöön saa ladattua Mach3-demo ja Lazycam-ohjelmiston ilmaiseksi valmistajan sivulta. Kokeiluversio ei käytännössä

eroa täydestä kuin tietyillä rajoituksilla, jotka eivät vaikuta ohjelman käytön opette-
luun. Harjoitellessa ohjelman käyttöä demo versio riittää.

Lazycam-ohjelmalla ladataan esimerkiksi DXF-muotoon piirretty kuva, johon mää-
ritellään aloituspiste ja määräävät liikeradat. Kun kuva on muokattu mieleiseksi se
ladataan Mach3:lle, joka muuttaa sen G-koodiksi. Lazycam-ohjelman voi korvata
myös muilla CAM-ohjelmilla.

Mach3:n käyttöliittymässä on esillä selkeästi kuva, joka on tarkoitus koneella ajaa.
Kuva näyttää reaaliaikaisesti mitä vaihetta kuvasta ohjelma kyseisellä hetkellä lu-
kee. Lisäksi käyttöliittymässä näkyy kuvasta muodostettu G-koodi, jota voi muoka-
ta haluamallaan tavalla. G-koodia voi selata rivi kerrallaan, jolloin ohjelma näyttää
kuvasta, mikä siirtymä tai työvaihe on meneillään. Paikoitus, ajon käynnistys, no-
peus ja muut tarpeelliset toiminnot on klikattavissa suoraan käyttöliittymän etusi-
vulta. Toimintoja voi käyttää hiirellä tai näppäimistön ennalta määrättyjä nappeja
painamalla. Esimerkiksi näppäimistön nuolinäppäimet on määritelty moottoreiden
ajoon. Nuolet vasen-oikea ohjaavat x-akselia ja ylös-alas ohjaavat y-akselia. Kuvi-
ossa 4 on näkyvillä Mach3 ohjelman päänäköymä.



KUVIO 4 Ohjelman päänäköymä

5 SUUNNITTELU

Suunnittelussa oli otettava huomioon koneen liikeradat, rasitukset, komponentit ja niiden asettelu. Mekaaniset liikeradat täytyi sovittaa servo-ohjaukseen. Käyttöympäristö oli huomioitava sähkökaapin suunnittelussa. Suunnittelussa on otettava huomioon kokonaisuus, jotta asennusvaiheessa vältetään muutoksilta.

5.1 Servolaitteisto

Liikkeenohjaukseen oli käytettävä kahta paikkatunnisteista servo-moottoria. Pituus- ja leveyssuuntaa liikuttavien moottoreiden täytyy olla paikkansa tietävät. Virheen sattuessa on pystyttävä palaamaan takaisin siihen kohtaan, missä virhe on tapahtunut. Kaarevien muotojen leikkaamisessa moottoreiden on pysyttävä toisiinsa nähden oikeassa nopeudessa.

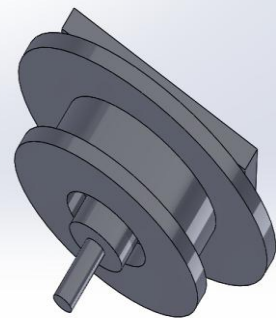
Koneessa oli alunperin kaksi harjallista 100 watin askelmoottoria, jotka oli vaihdettava uusiin, koska niillä ei olisi saanut ohjausta tarpeeksi tarkaksi. Uusiksi moottoreiksi valitsin 150 wattiset servomoottorit. Servomoottoreissa on asennettuina enkooderit, jotka mittaavat pulssia moottorin akselin pyöriessä ja lähettää paikkatietoa servo-ohjaimelle.

Leikattavana materiaalina on useita eri ainevahvuuksia, joten leikkuunopudet on säädettävä jokaiselle vahvuudelle erikseen. Tärkeää on saada leikkuunopeudet muistiin, jotta jokaiselle ainevahvuudelle on nopeusarvot valmiiksi määriteltynä.

Alkuperäisissä moottoreissa oli voimansiirto toteutettu viistokierteisellä hammaspyörällä. Kyseinen hammaspyörä poistaa väljyyttä moottorin pyöriessä ja se kestää paremmin kulutusta leveämmän tartuntapinnan vuoksi. Käytin samaa hammaspyörää, jotta vältetään vaihdelaatikon osien vaihtamiselta. Kyseinen hammas-

pyörä aiheuttaa pyöriessään vetoa tai työntöä moottorin akselille pyörimissuunnasta riippuen. Tämän vuoksi moottorin akselille täytyi tehdä sovitusosa.

Koska servomoottorille ei suositella akselin suuntaista vetoa taikka työntöä, täytyi suunnitella moottorin kiinnitys niin, että kuormitus hammaspyörän vedosta siirtyy vaihdelaatikon runkoon. Laakeria hyödyntämällä saa vedon poistettua. Suunnitelin Solid Works ohjelmaa käyttäen väliholkin, joka asennetaan moottorin akselin päälle. Holkissa on laakeripinta ja huulake, joka vastaa laakeriin poistaen vedon akselilta. Holkin laakeripinnan takana on kierre, jolla lukitusmutteria käyttäen saa työntöliikkeen kohdistettua laakeriin ja laakeripesään, jotka on nähtävissä kuviossa 5.



KUVIO 5 Moottorin soviteholkki ja laakeripesä

Servomoottori on kiinni laakeripesässä, joka on kiinni vaihdelaatikossa. Kaikki osat ovat kiinnitettynä toisiinsa, joten mitat oli laskettava tarkasti, ettei osia toisiin liittäessä aiheudu vetoa tai työntöä moottorin akselille. Holkki ja laakeripesä valmistettiin yrityksessä, johon olin työtä tekemässä

Servovahvistimeksi valitsin Granite Devicen valmistamat Argon-ohjaimet. Katselin eri mahdollisuuksia useiden ohjainkorttien välille, joita saa erittäin edullisesti, mutta Argon-ohjain vastasi käyttötarkoitukseen parhaiten. Ohjainkortit vaativat lisäksi virtalähteen, joka tuo lisähintaa kokonaisuuteen. Argon sisältää itsessään virtalähteen, joka tukee moottorin ohjausta 50-1500 watin väliltä. Vahvistimessa on I/O-piiri rajojen ja ohjauksien käyttöön. Tärkein ominaisuus mitä tarvitsin oli, että ohjain tottelee Mach3-ohjelman pulssia, jotta saan ohjattua moottorit tietokoneella olevan kuvan mukaisesti.

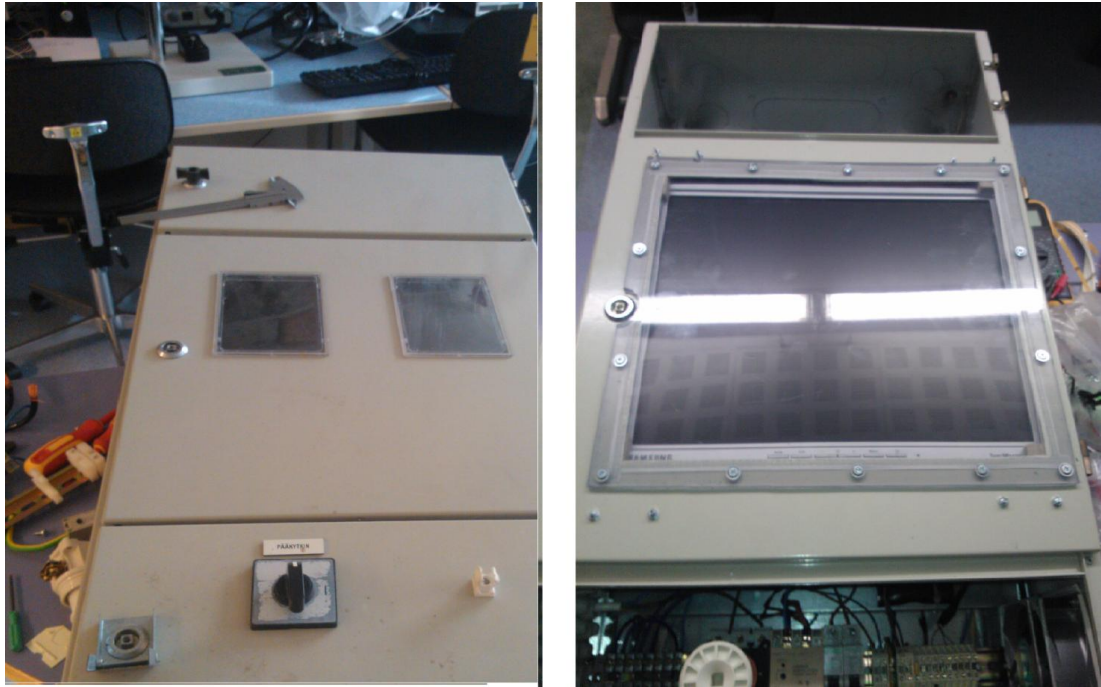
Argon-vahvistimeen on selvät käyttö- ja asennusohjeet valmistajan sivuilla. Ohjaimen säätöön on valmistajan oma ohjelma, jolla saadaan säädettyä tarvittavat parametrit yksittäisen moottorin säätämiseen.

5.2 Sähkökaappi

Sähkökaapin suunnittelussa oli useita huomioitavia toimenpiteitä. Komponenttien sijoittelussa oli mietittävä, asentaako tietokoneen ja näytön samaan kaappiin muiden komponenttien kanssa. Huomioon oli otettava, että kone on metallipajassa, jossa pölyä on ilmassa paljon. Pöly huomioon ottaen kaapin on oltava tiivis ja suodatettu.

Lähinnä ilmanvaihdon takia tulin siihen ratkaisuun, että laitan kaikki komponentit samaan kaappiin. Suodatetulla puhaltimella saa pidettyä pölyn loitolla eikä tuulettimia ja energian syöttöä tarvitse näin viedä useampaan eri kaappiin. Ylipaineistettu kaappi pysyy pölyltä puhtaana. Kaikkien osien ollessa samassa paketissa, kaappi vie enemmän tilaa, mutta pidemmiltä johdotuksilta säästyy. Kaappi kulkee koneen y-akselin kelkan päällä, joten ohjauksen voi tehdä jatkuvasti samalla linjalla missä leikkaava kaasupillikin kulkee.

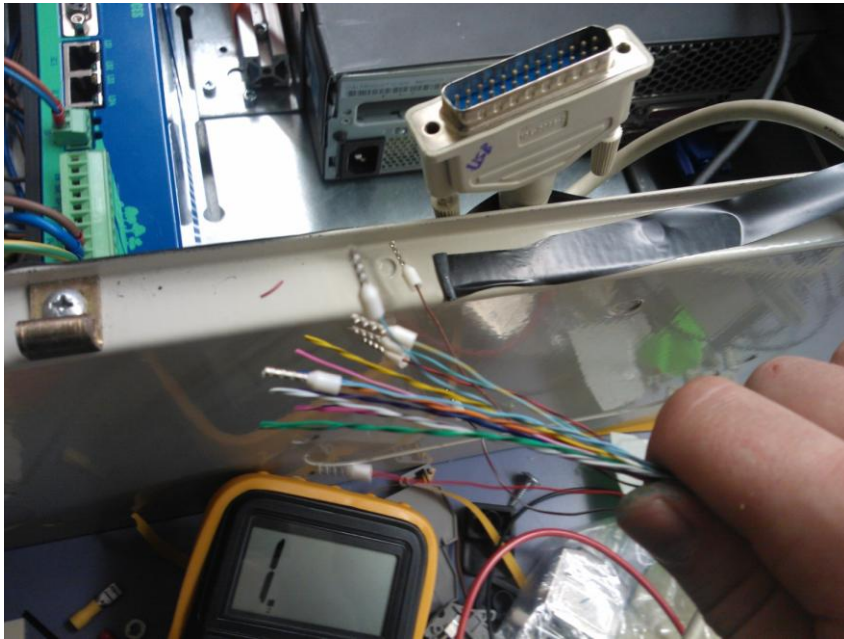
Sähkökaapin aukeavaan etuseinään oli tehtävä reikä, jotta tietokoneen näyttö on esillä jatkuvasti. Kiinnitin näytön kaapin oveen, ja lisäsin tiivistetyn läpinäkyvän muovipleksin oven ulkopuolelle suojaamaan näyttöä, joka tulee esille kuviossa 6. Näyttönä käytin 17 tuumaista LCD-näyttöä, jotta tietokone mahtuu sen taakse sähkökaappiin.



KUVIO 6 Sähkökaapin luukun loveaminen näyttöä varten

Tietokoneen ja näytön sovittamisen jälkeen pystyi sovittamaan kaappiin muut komponentit. Argon vahvistimet asensin tietokoneen läheisyyteen, jotta johdot ovat mahdollisimman lyhyet vahvistimen ja tietokoneen välillä. Mahdollisimman lyhyet johdotukset tietokoneen ja vahvistimien välillä vähentävät niissä syntyvää häiriötä. Johdot on yhdistetty riviliittimillä, jotta asennusvaiheessa oli helppo irroittaa ja yhdistää johtoja tarpeen mukaan.

Tietokoneen LPT-portti on yhdistetty kaapelilla, jonka toinen pää on purettu eriäviin johtoihin, jotta kunkin signaali johdon saa asennettua erilliseen riviliittimeen. Kyseinen kaapeli on nähtävissä kuviossa 7. Riviliittimestä lähtevät johdot Argonvahvistimien IDE-portteihin.



KUVIO 7 Kaapelin pinnien ja johtojen kontaktimittaus

Kaapelin kontaktit oli mitattava jokaisesta pinnistä erikseen, jotta oikean johdon saa liitettyä vahvistimelle. LPT-portissa on 25 pinniä, joista 15 tulee käyttöön, joten ylimääräisiä johtoja oli karsittava kaapelista pois.

6 LAITTEISTON TOTEUTUS

Käytännön osuus sijoittuu yrityksen tiloihin, jossa suunniteltu sähkökaappi on pääosiltaan rakennettu. Osa suunnittelutyöstä on liitetty asennusvaiheeseen, koska koneen mekaniikan kokoonpano aloitettiin tässä vaiheessa. Kaapelointi, sähkökaapin kiinnitys ja venttiileiden toiminta saatiin ratkaistua mekaniikan liikeratojen ja käytännöllisyyden myötä.

6.1 Mekaniikka

Aloittaessa asennustyöt tehtaalla oli nostettava koneen runko esiin. Runko oli osina yhdessä kasassa tehtaan lattialla, joka näkyy kuviossa 8. Nostimme osat erilleen ja tyhjensimme alueen, jonne kone oli tarkoitus asentaa.



KUVIO 8 Lähtötilanne koneen asennuksessa

Teräksestä valmistettu tukirunko oli asetettava paikoilleen, jonka päälle kone tulee. Asensin kiskon jalkoihin pultit muttereineen, jotta korkeutta saa säädettyä tarpeen mukaan. Koska optinen lukupää poistui leikkauskoneesta, sitä pystyi käyttämään tällöin puolet pienemmässä tilassa. Kavensin runkoa metrin verran leikkaamalla siitä poikittaispalkit lyhyemmäksi. Kaventamalla koneen tukirunkoa sai muualle osaa hallia paljon lisää käyttötilaa. Kuviossa 9 on esillä rungon kavennus.



KUVIO 9 Tukirunko ennen ja jälkeen kavennuksen

Viivalaseria hyödyntämällä säädin tukirungon suoraan. Koska lattiassa oli kaatoja eri suuntiin, oli jalkoihin asennettuja pultteja hyödyntämällä säädettävä tukirunko vaakasuoraan. Säättämällä tässä vaiheessa kaikki pinnat suoraan välttyy myöhemmin turhilta väännätyksiltä ja rasituksilta.

Tukirungon kiskoissa oli kolhuja ja kulumia. Hioin ja puhdistin kiskot, jotta laakerit rullaavat niiden päällä mahdollisimman sujuvasti. Kaikki epäpuhtaudet voivat häiritä koneen tarkkuutta ja käyttöikää.

Koska Y-akseli on ohjattu kiskon päällä kulkevalla vetävällä pyörällä, on se herkkä kaikelle lialle ja kiskon kolhuille. Jos liike olisi kuularuuvilla ohjattu, se pitäisi liikeradan aina samana, eikä esimerkiksi hyppäys- tai sutimismahdollisuutta tule. Kuularuuvi vetoa ei ollut kannattavaa koneeseen muuttaa, sillä mekaaniikan muutos olisi vaatinut turhan paljon aikaa ja rahaa. Vetävällä pyörällä saa tähän tarkoitukseen sopivan tarkkuuden joka tapauksessa.

Tukirungon ollessa kaikin puolin viimeistelty, oli asennettava polttokoneen runko tukirungon päälle. Tukirungon ollessa nyt metrin verran kapeampi, oli myös polttokoneesta siirrettävä päädyn tukilaakeria metri kapeammalle.

Polttokone nostettiin trukilla tukirungon päälle. Tämän jälkeen pystyi kokeilemaan, että kone liikkuu Y-akselin mukaisesti koko matkalta vapaasti, eikä siihen kohdistu hankausta. X-akselin kiskot on rakennettu polttokoneeseen kiinteästi, joten koko paketti oli kerralla paikoillaan.

Sähkökaapille oli etsittävä käytännöllinen sijainti. Vaihtoehtona oli, että se asennetaan erikseen lattialle. Jos kaappi olisi asennettu erilleen, siihen olisi pitänyt kytkeä koko y-akselin mittaiset johdotukset moottoreille ja muille komponenteille. Toinen vaihtoehto oli asentaa kaappi koneen päälle kulkemaan sen mukana. Käytännöllisin ratkaisu oli, että kaappi on aina samalla tasalla leikattavan kohteen kanssa, joten paras paikka sille oli koneen Y-akselin kelkan päällä. Tässä tilanteessa vältetään pitkiltä johdotuksilta ja leikattavaan kappaleeseen on varmasti aina näköyhteys.

Sähkökaapille oli valmistettava teräksestä kiinnike, jolla kiinnittää se polttokoneen runkoon. Kiinnike on nähtävissä kuviossa 10. Oli huomioitava, että ajon aikana kone saattaa tehdä nopeita suunnanvaihdoksia ja pysäytyksiä. Sähkökaapin korkeuden takia siihen saattaa kohdistua suuriakin voimia suunnan vaihdoissa ja pikaliikeajoissa. Kehikkoa valmistettaessa oli varmistettava, että siinä on kiinnitys joka suunnalta. Sähkökaapin irtoaminen ajon aikana voi särkeä kalliita osia ja aiheuttaa vaaratilanteita.



KUVIO 10 Sähkökaapin kiinnike

Koska sähkökaappi on pölyisessä tilassa, siihen oli tehtävä ilmansuodatus puhaltimen eteen. Puhaltimille on valmiita suodatinjärjestelmiä olemassa, mutta vaihtoehtoja katsellessa päätimme tehdä siihen suodatuksen itse. Auton ilmanpuhdistimia on todella edullisesti tarjolla, joten päätimme tehdä suodattimen kokoisen kotelo, jossa on nopea kiinnitys uuden suodattimen vaihtamista varten. Suodattimen käyttöikä jää myöhemmin nähtäväksi, mutta etuina siinä on pieni tila ja helppo saatavuus.

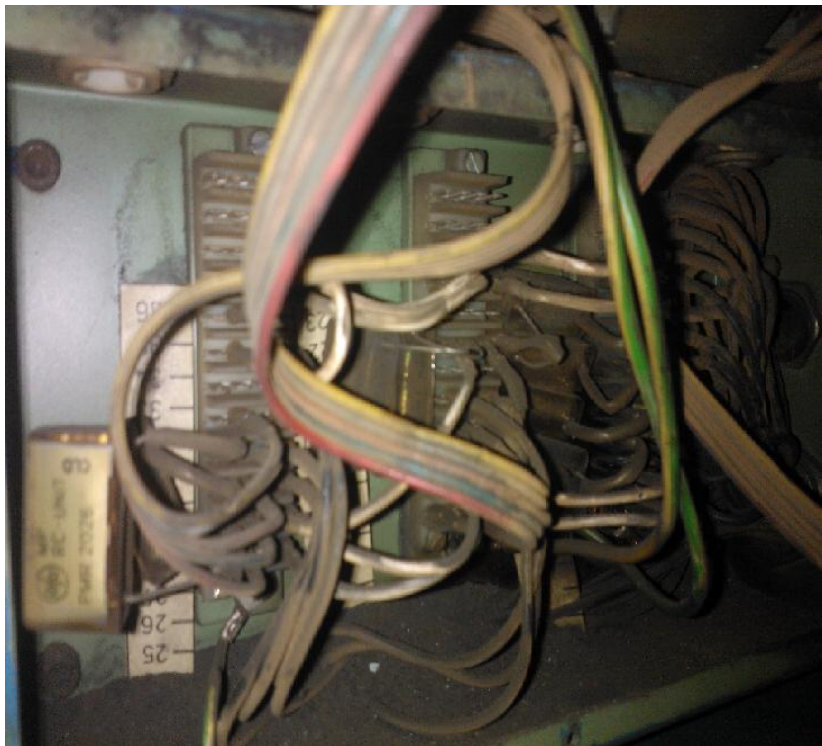
Kaapin ollessa suodatettu ja kiinni koneessa, oli tärkeä tarkistaa, ettei kaappissa ollut vaurioita kuljetuksen jäljiltä. Kytkin sähköt kaappiin ja tarkistin, että kaikki laitteet toimivat moitteettomasti.

6.2 Kytkennät asennuksessa

Polttoleikkauskoneessa oli vanhoja sähköasennuksia ja käyttökelpoista laitteistoa mitä täytyi hyödyntää. Sähkökaappiin oli lisättävä kytkimiä ja lisävirtalähde, jotta sai kytkennät tarpeellisiin toimilaitteisiin. Koska toimilaitteissa on eroa käyttöjännitteessä, oli huomioitava, että kaikkiin laitteisiin saa riittävän virtamäärän

6.2.1 Nostomoottorit

Kaasupillien korkeuden säätö toimii 220 voltin harjallisilla moottoreilla. Kaasupillien yksikköjä oli kaksi, joista kummastakin lähti kaapelit koneen kenttäkoteloon. Kotelo on nähtävissä kuviossa 11. Kenttäkoteloon tuli vanhalta ohjausyksiköltä kaapeli, jota oli jatkettu ja uudelleen liitetty useampaan kertaan. Huonon kunnon vuoksi vanha kaapeli oli poistettava. Vanhoihin kytkentöihin ei ollut saatavilla mitään kaavioita tai kuvia, oli selvitettävä johtojen reitit.



KUVIO 11 Kenttäkotelon vanhat liitännät

Mittaamalla moottorin puolisen pään liittimestä neljää eri pinniä, yksi niistä oli yhteydessä runkoon, joten sen tiesi olevan suojamaa. Muut liittimen pinnit antoivat toisiinsa nähden eri vastuslukuja. Vastus muodostuu johtojen kulkiessa eri puolin moottoria. Aukaisin kaasupillin nostorungon, jossa moottori sijaitsee. Moottoriin oli tuotu johdot kahden rajakytkimen kautta ja yksi suoraan moottoriin. Harjallisessa moottorissa ei ole merkitystä mihin johtoon tuo nollan tai vaiheen. Eri kytkennät vaihtavat vain moottorin pyörimissuuntaa.

Mitttaamalla liittimen vastuksettomat pinnit rajakykimille, selvisi mihin tuoda virta sähkökaapin kytkimiltä. Kolmanteen pinniin toin jatkuvan maadoituksen. Mootto-
reiden pyörimissuuntaa muutettiin tuomalla virta toiselle rajatunnistimelle mene-
vään johtoon. Sähkö vietiin rajatunnistimien läpi, koska niillä sai katkaistua virran
korkeudensäädön mennessä ääriasentoon. Sähkökaappiin asennettiin kaksi kol-
mitoimista kytkintä. Kummallekin nostomoottorille omansa, jolla säädetään pillien
korkeus. Kaasupillien nostimien rungot on nähtävissä kuviossa 12.



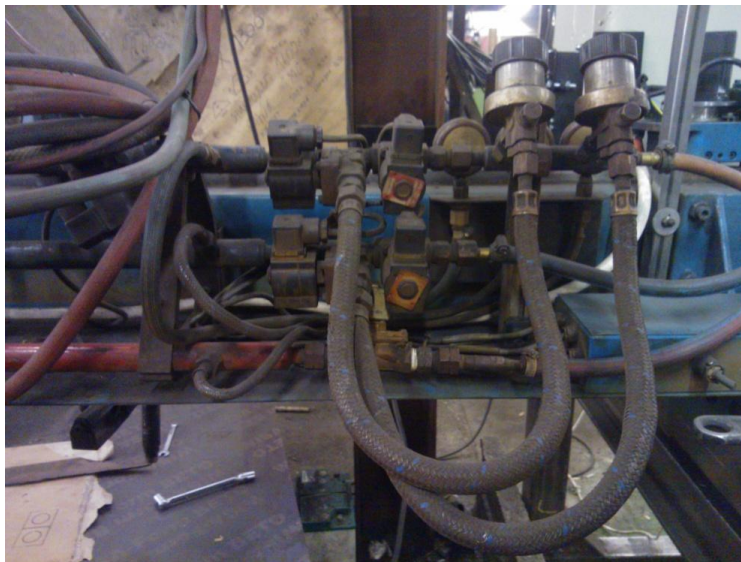
KUVIO 12 Kaasupillit ja niiden nostimet

6.2.2 Magneettiventtiilit

Magneettiventtiilit ohjaavat kaasun virtausta polttoleikkauksen aikana. Konees-
seen tulee kolme eri kaasuletkua. Happipullosta tulee kaksi eri painetta. Matala

paine liekin ylläpitämiseen ja korkea paine kappaleen lämmitykselle ja leikkauspaineelle. Nestekaasupullosta tulee yksi letku liekin ylläpitämiseen. Kuviossa 13 on nähtävissä letkujen venttiilijärjestelmä.

Magneettiventtiileitä hyödyntämällä on mahdollista tehdä leikkaustuloksen parantamiseksi useita eri toimintoja. Matalan paineen letkuissa on venttiilit, jotka antavat kaasua läpi sen verran, että kaasupilleissä pysyy liekki päällä. Kappaletta aloitettaessa leikkaamaan on sitä lämmitettävä isommalla liekillä, jotta levy kuumuu likelle syttymispistettä. Sähkökaapille on asennettu kytkin, jolla saa käsin laitettua lämmityksen päälle. Lämmitys ohjautuu korkean paineen letkusta, jossa on erillinen paineen säädin lämmityspaineen säätämiseksi. Leikattavan kappaleen ollessa syttymispisteessä, sähkökaapissa olevalla kytkimellä käännetään virtaus esipuhallukselle, joka paineensäätimen kautta puhalttaa keskikovalla paineella aloitusreiän kappaleeseen. Esipuhallus on tehty sulan roiskeen välttämiseksi. Jos aloitus tehdään heti suurella paineella, voi sulaa roisketta lentää suuttimiin, jolloin leikkausjälki tulee rosoiseksi. Kun levy on läpäisty, avataan viimeisellä kytkimellä täysi puhalluspaine leikkauspaineeksi.



KUVIO 13 Venttiilijärjestelmä

Jokainen kytkin ohjaa maadoituksen erilliselle magneettiventtiilille, jotta kaasut kulkevat niille kuuluvaa reittiä. Venttiilit toimivat 24 voltin jännitteellä. Kytkeettynä aktiiviseksi yksittäinen venttiili vie virtaa 0,6 ampeeria. Jokaisesta venttiilistä tuotiin johdot kenttäkoteloon, jossa vaiheen johdot oli yhdistetty, Venttiilit ohjattiin

päälle kytkemällä maadoitus haluttuun paikkaan. Yhtä-aikaisia venttiileitä voi koneessa olla aktiivisena parhaimmillaan viisi kappaletta, jonka vuoksi 24 voltin virtalähteen täytyi antaa minimissään 3,0 ampeeria.

6.2.3 Vaihdelaatikko

Vaihdelaatikoihin on asennettu magneettinen kytkin, johon virtaa ohjaamalla saa kytkettyä vedon päälle tai pois. Tämä on tehty sitä varten, ettei moottorille aiheudu lisärasitusta jos koneeseen kohdistuu ulkopuolista vastusta. Virransyötön katkaisua, se vapauttaa moottorin, jolloin kone on liikuteltavana käsin vapaasti. Magneetti nähtävissä kuviossa 14.

Toisesta vaihdelaatikon johdot oli katkennut kytkimestä, joten se piti purkaa. Magneettisesta käämistä oli lanka vaurioitunut, joten se oli lähetettävä uudelleen käämitettäväksi. Jos magneetti ei toimi, silloin moottorilta ei saa liikettä siirrettyä koneeseen, koska vaihdelaatikon kytkin pyörii ilman kuormitusta. Magneetti laukaisee vaihteen päälle, jolloin moottorin liike jatkuu eteenpäin. Konetta käytettäessä virran on tultava jatkuvasti magneetille, mutta jos konetta haluaa siirtää esimerkiksi käsin, magneeteista voi katkaista virran, jolloin liike vapautuu.



KUVIO 14 Purettu kytkin ja uudelleen käämitty kela

6.3 Ohjelmointi

Ohjelmoinnin avulla saadaan ohjaus ja mekaniikka toimimaan keskenään. Ohjelmoinnilla säädetään myös kommunikointitavat tietokoneen ja servovahvistimen välillä. Vahvistimelle ohjelmoidaan tarvittavat parametrit, jotta saadaan moottorit reagoimaan mekaniikan vaatimalla tavalla.

6.3.1 Mach3

Aloitettaessa Mach3 ohjelmointi, oli tarkistettava, että asetuksista on määritetty kommunikointi oikeaan tietokoneen porttiin. Yleensä ohjaukseen käytetään LPT-

porttia, jossa on 25 erillistä pinniä. LPT-portin osoite on annettu HEX-luvulla joka on yleensä 0378.

Varmistettua, että Mach3 ohjelman porttiasetukset täsmäävät tietokoneen portin osoitteen kanssa, täytyi katsoa pinnien asetukset, jotka määrittävät mitä toimintoja on käytössä. Pinnit 2-9 ovat datapinnejä, jotka joko antavat tai ottavat tietoa ohjaimien välillä. Kyseisiä pinnejä voi käyttää vapaasti Input/Output toiminnoissa. Asettamalla x-akselin ohjauksen toimintaan, sille oli määriteltävä pinnien pulssi- ja suuntatieto.

Ohjelmassa on valmiiksi määritetty x-akselin pulssi pinnille 2 ja suuntatieto pinnille 3. Nämä voi vaihtaa halutessaan pinnien 2-9 välillä. Pinnien ollessa määritetty, portin toiminta oli tarkistettava. Sähkömittarilla sai mitattua suoraan LPT-portista jännitteen. Mach3 pitää painaa ajotilaan, jolloin nuolinäppäintä painamalla vasemmalle saa x-akselin liikkeen päälle. Tällöin LPT-portin pinnistä 2 pitäisi tulla 3,3 voltin jännite ja pinnistä 3 tulee 0,4 voltia. Lopettaessa suunnan painamisen nuolinäppäimellä, niin pinnistä 2 pitäisi tulla 0 voltia. Oikealle painattaessa, eli jos vaihtaa suuntaa, pitäisi pinniin 2 tulla 3,3v jännite, mutta pinni 3 antaa tällöin myös 3,3 voltia. Moottorin pyörimissuunta määrittyy sillä, että 0,4v vaihtuu 3,3 volttiin ja päinvastoin. Pulssi määrää taajuudellaan mitä nopeutta moottori pyörii. Y-akselin pulssit toimii samalla tavalla, erona että ne on kytketty pinneihin 3 ja 4.

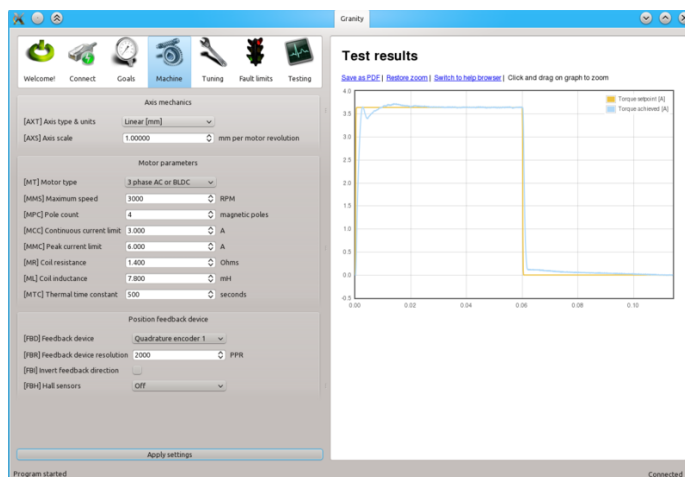
Alkuperäisessä asennuksessa ongelmaksi muodostui, etten saanut LPT-porttia reagoimaan Mach3:n kanssa. Tämä johtui siitä, että ladattu ohjelma ei ollut yhteensopiva kyseisen Windowsin kanssa, joten lataamalla oikean version ohjelmasta, portti reagoi aivan kuin sen pitikin.

6.3.2 Parametrit

Vahvistimille oli annettava tarpeelliset parametrit, jotta moottorit liikkuvat oikein. Tietokoneeseen latasin valmiiksi Granity-ohjelman, jolla saa säädettyä vahvistimet.

Moottorin tiedot oli kirjattava ohjelmaan. Oli annettava tieto moottorin pyörintänopeudesta, tehosta, pesän resistanssi ja induktanssi, puolien lukumäärä ja enkooderin kierroskohtainen pulssimäärä. Nämä tiedot rajaavat vahvistimen toimimaan näiden raja-alueiden mukaisesti. Moottoreiden tekniset tiedot löytyivät valmistajan sivuilta, joten arvot sai siirrettyä suoraan sieltä.

Vahvistimen tietoihin kirjattiin ohjaustapa, vääntö nopeus- vai paikkaohjauksella. Parametreja asettaessa oli aloitettava vääntömomentin testauksella ja raja-arvojen etsimisellä. Koska tiedossa oli moottorin tarkat arvot, vääntömomentti oli valmiiksi hyvä graafisen testauksen myötä. Jos momentin arvot olisi poikennut reilusti testauksen raja-arvoista, olisi moottorin tiedoista pitänyt muuttaa resistanssi- tai induktanssiarvoja. Kuvioissa 15 ja 16 on nähtävillä Granity-ohjelman päänäkymä parametreja asettaessa.



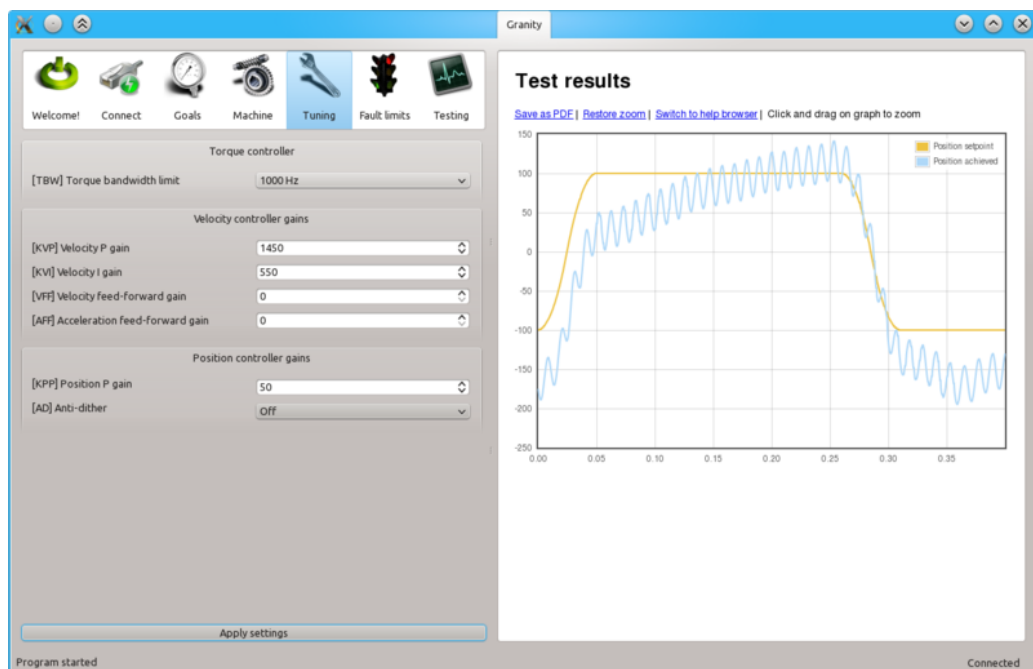
KUVIO 15 Kuviossa näkyy hyväksyttävä arvo vääntöä mitattaessa (Granite Devices 2014)

Kun vääntöarvo todettiin hyväksyttäväksi, oli säädettävä parametrit liikkeen seuraukselle. Vahvistimen säädöistä vaihdettiin ohjaus paikkaohjaukseksi. Tällä toiminnolla on tarkoitus säätää vahvistimen reagointi sille annettavaan signaaliin ja sen herkkyyteen. Tehdasarvot on jätetty vahvistimessa erittäin pieneksi, joka näkyy siinä, että moottori reagoi erittäin hitaasti siihen suuntautuvaan käskyyn ja vaikuttaa ns. löysältä.

P-arvoa vähitellen nostamalla näki ohjelman grafiikasta, että moottorin liike alkaa lähestyä sille annettua arvoa. P-arvoa täytyi nostaa niin korkealle, että se saavut-

taa sille annetun pisteen tai alkaa värisemään. Grafiikasta huomasi moottorille tulevan pientä värinää, joten viimeisen p-arvon noston jälkeen vaihdoin arvot takaisin edelliseen. Näin sai pidettyä moottorin herkkyyden vakaana eikä moottori pääse häiriötilaan.

Vaikka P-arvo oli säädetty niin korkealle kuin mahdollista, moottori ei vielä totellut signaalia niin tarkasti kuin sen pitää. Tässä vaiheessa piti lähteä nostamaan vahvistimen I-arvoa. I-arvoa nostamalla vähitellen samalla tavoin kuin P-arvoakin, saavutettiin tarkka ja sulava liikerata.



KUVIO 16 Moottorin epävakaas arvojen ollessa liian suuri (Granite Devices 2014)

Moottoreiden käyttäytymisen ollessa vakaa, pystyttiin aloittamaan ajaminen tietokoneen ja polttoleikkauskoneen välillä. Mach3-ohjelmalla pystyi heti kokeilemaan, että reagoiko kone annettuihin signaaleihin. Liikkeet tottelivat näppäimistön suuntanäppäimiä. Mach3:n moottorin asetuksista oli säädettävä pulssin määrä, jotta polttokoneen liikkeen saa kalibroitua liikkumaan saman verran, mitä ohjelma sitä komentaa.

Moottoreissa on eroavaisuuksia pulssien vastaanotossa. Mitä enemmän on syklejä kierrokselle, sitä tarkemmin moottori liikkuu. Kun moottorissa on enkooderi, joka mittaa 4000 pulssia kierrokselle, ei Mach3:n pulssitaajuus riitä kovin nopeaan moottorin pyörimisnopeuteen. Jos mekaaninen vaihteisto on välitykseltään kovin

pieni, tarkoittaen, että moottori pyörii useamman kierroksen sen liikuttamaan vastapyörään nähden, silloin likkeet jäävät hyvin hitaaksi.

Servovahvistimen parametreista oli muutettava vastaanottosignaalin luku viisinkertaiseksi, jolloin Mach3:lta tulevasta pulssista vahvistin antoi moottorille viisinkertaisen määrän pulssista. Tätä toimenpidettä kutsutaan elektroniseksi vaihteistoksi (Mach3 User guide 2013). Asetuksen avulla askelpulssin sai kontrolloitua kohdalleen. Askelpulssi lasketaan ohjelmassa kulkevien yksiköiden ja koneen oikean siirtymän suhteeksi. Jos ohjelma näyttää koneen liikkuneen 50 millimetriä, ja kone on liikkunut ainoastaan 45 millimetriä, silloin on nostettava askelpulssien määrää. Jos yksi askel vie liikaa pulsseja, silloin ei pulssien määrä riitä enää vauhdin ylläpitoon.

Ennen vahvistimen parametrimuutosta, koneen siirtymä oli samanarvoinen ohjelman siirtymän kanssa, kun pulsseja oli 12000 askeleelta. Tämän takia suurin mahdollinen ajonopeus koneelle oli 300 mm/min. Vastaanottoparametrien muutoksen jälkeen pulsseja tarvitsi vain 2000, jotta siirtymä on mittayksikön mukainen. Koska pulsseja kuluu paljon vähemmän askelta kohdin, saa nopeuteen varattua pulssien kapasiteettia. Koneen nopeudeksi sai tällöin yli 1000 mm/min joka on riittävä teräskappaleiden leikkaukseen.

Koeajolla oli tarkistettava, että leikattavat linjat ovat suorat ja reiät pyöreitä. Koska valmiita kuvia ei ollut vielä piirrettynä, täytyi kuva ohjelmoida käsin. Kuvan muokoksi valittiin neliö jossa on reikä keskellä. Jos reikä on pyöreä ja keskellä neliötä, tietää että koneen linjat ovat suorassa.

G-koodi piirrettyyn kuvaan:

g00x0y0	(pikaliikkeellä kummatkin akselit nollapisteeseen)
g1x50y25f300	(ajo x50mm ja y25mm nopeudella 300mm/min)
g3i0j25g17	(vastapäivään, ympyrän keskipiste aloituspisteestä, x-y tasolla)
g1x0y0	(paluu nollapisteeseen)
x100	(neliön sivumitta)
y100	(neliön pystymitta)
x0	(siirtyminen sivusuunnassa takaisin nollaan)
y0	(siirtyminen pystysuunnassa takaisin nollaan)

Kyseinen koodi on G-koodista muodostettu ajorata. G-koodi on yleinen NC-ohjauksen koodikieli, jolla ohjelmoidaan jyrsimiä sorveja ja leikkauskoneita.

7 POHDINTA

Alkuperäiseen tavoitteeseen päästiin tämän työn aikana. Tavoitteena oli saada kone leikkaamaan tietokonepohjaisia kuvia hyödyntäen. Budjetin sisällä pysyttiin odotetusti. Koneella on nyt leikattu tuotantoon kuuluvia osia. Tarkkuus on moninkertainen parempaa mitä aikaisemmalla ohjauksella. Kuvien piirtäminen on nopeaa, mutta työntekijöiden on vielä totuttava ohjelman käyttöön. Kuvien piirtäminen on pienen opettelun jälkeen helppoa ja nykyajan CAM-ohjelmat luovat työstöradat lähes automaattisesti. Hukkapalojen muodostumisen näkee nyt selvästi ennen leikkaamista, joten kuvat voi valmiiksi piirtää mahdollisimman pieneen muotoon.

Oma kokemus työstä oli erittäin palkitseva. Työtä aloittaessa ei ollut perustietoa enempää teoriasta ja käytännössä olin kokeillut servojen ohjausta jossain määrin opintojeni aikana. Nyt työn jälkeen tietotaito on kasvanut merkittävästi servo-ohjauksesta ja automatiikasta. Myös sähköoppia tuli valtava määrä koska työssä täytyi opetella kaikki kytkennät perusteellisesti.

Ajan kuluessa huomaa kuinka kone vaikuttaa positiivisesti yrityksen tuotantoon, mutta oletettavissa on, että se korvaa suurimmalta osin tällä hetkellä käytössä olleen optisen leikkurin.

LÄHTEET

Granite Devices 2014. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://granitedevices.com/wiki/Argon_specifications) Luettu 2.5.2014.

Johnsson, J. & Kördel, L. 2003. Servotekniikka. Iisalmi: IS-VET

Kauppinen, V. 1992. Konepajojen nykyaikaiset koneet ja konejärjestelmät. 3. Helsinki: Otatieto Oy.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY.

Kotamäki, M., Nyberg, R. 1992. Koneautomaatio 2000. Helsinki: VAPK-kustannus.

Machsupport 2003. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.machsupport.com/wp-content/uploads/2013/02/Mach3Mill_1.84.pdf.
Luettu 2.5.2014.

Shy 2012. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://mandata.pp.fi/Hitsaus/Artikkelit/A8.pdf>. Luettu 2.5.2014.

Topi-Koneet Oy 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.topi-koneet.com/>.
Luettu 2.5.2014.