

CNC-ohjattu plasmaleikkuri

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Suunnittelupainotteinen
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2011
Jarno Martikainen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

MARTIKAINEN JARNO: CNC-plasmaleikkuri

Mekatroniikan opinnäytetyö, 39 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa CNC-plasmaleikkuri, joka olisi pienikokoinen, edullinen sekä käyttäjäystävällinen. Koneella on tarkoitus pystyä leikkaamaan tietokoneella tuotettu CAD-kuva plasmapolttimella, joka on kiinni 3-akselisessa portaaliydässä.

Työn valintaan liittyviä seikkoja ovat kyseisen laitteen huono saatavuus markkinoilta, kalliit hinnat sekä kiinnostus mekatronisiin laitteisiin. Työhöni ei liity ulkopuolista yritystä, vaan tarkoitus oli hyödyntää ja käyttää omia tietoja sekä taitoja työn suunnittelussa ja valmistuksessa. Myöskään ulkopuolista rahoitusta ei ollut. Suurin osa asennustyöstä tehtiin koulun laboratoriotiloissa. Laitteen on tarkoitus tulla omaan käyttöön.

Kirjallisessa osassa selvitetään ratkaisuja, joihin suunnittelussa päädyin. Lisäksi käydään läpi plasmaleikkauksen toimintaperiaate sekä valmiin koneen käyttömahdollisuudet. Raportin loppuosassa on selitetty koneen mekaanisten osien valmistaminen sekä kokoaminen vaiheittain, sähkösuunnitteluun liittyvät seikat ja testaukseen liittyviä huomioita.

Ennen kuin päädyin valitsemaan tämän työn, pyrin ottamaan mahdollisimman paljon selvää asioista, jotta välttyttäisiin yllätyksiltä. Kyseessä on kuitenkin melko laaja osaamisalue. Tässä onnistuin mielestäni hyvin, ja kohdatut ongelmat saatiin ratkaistua.

Avainsanat: CNC, Plasmaleikkaus, Plasma, numeerinen ohjaus, G-koodi, CAM

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

MARTIKAINEN JARNO: CNC plasma cutter

Bachelor's Thesis in Mechatronics 39 pages, 7 appendices

Spring 2011

ABSTRACT

The aim was to design and fabricate a CNC plasma cutter, which would be compact, affordable and user-friendly. The machine was to be able to cut a computer-generated CAD image with a plasma torch, which is attached to 3-axis portal table.

The matters which related to the choice of this thesis were the lack of availability of similar products on the market, high prices and an interest in mechatronic devices. The study does not involve outside companies, but the purpose was to exploit and use my own information and skills to design and manufacture the device. Similarly, there was no external funding. Most of the installation work was done in the premises of a school laboratory. The device is intended to be in private use.

The purpose of the written part is to show some solutions, which were found in the design. Also, there are operational principles of plasmacutting and suggestions for use of the complete machine. In the end of the report are explained the manufacture of the mechanical parts and also electrical design and testing considerations.

Before choosing the topic of, possible surprises were excluded by investigating the topic as far as possible. Although this is a rather broad area of expertise, the encountered problems were solved.

Key words: CNC, Plasma cutting, Plasma, numerical control, G-code, CAM

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS	2
3	NUMEERINEN OHJAUS	3
3.1	Numeerinen ohjaus yleisesti	3
3.2	Numeerisen ohjauksen toimintaperiaate	3
3.3	Ohjauskomponenttien toiminta	5
3.3.1	Smoothstepper ja Mach 3	5
3.3.2	Break-Out-Board	5
3.3.3	Lähestymiskytkimet	6
3.4	Turvallisuusanalyysi	7
4	OHJAUKSEN SÄHKÖISTÄMINEN	8
4.1	Ohjauskeskus	8
4.2	Virtalähde	9
4.3	Ohjauspulpetti	10
4.4	Laitteen kaapelointi	10
4.4.1	Mekaaninen suojaus	10
4.4.2	Maadoitus ja häiriönsuojaus	11
5	LINEAARILIIKKEIDEN TOTEUTUS	12
5.1	Moottorit	12
5.2	Moottoreiden toiminta	12
5.3	Moottoreiden mitoitus	13
5.4	Moottoriohjaimet	14
5.5	Moottoriohjaimen valinta	14
5.6	Ruuvikäyttö	15
5.7	Ruuvikäytön mitoitus	16
5.8	Lineaarijohteet	17
5.9	Voimansiirto	18
6	MEKAANINEN RAKENNE	19
6.1	Runko	19
6.1.1	Rungon koko	20
6.1.2	Rungon materiaali	21
6.1.3	Rungon jalat	21

6.2	Leikkausalusta	22
6.3	Kuularuuvien sekä pyöröjohteiden asennus	23
6.4	Liikesuuntien rakenne	24
7	PLASMALEIKKAUS	25
7.1	Toimintaperiaate	25
7.2	Laitteisto	25
7.3	Plasmakaasu	26
7.4	Pilottikaari	27
7.5	Plasmaleikkurin valinta	27
8	TYÖN TOTEUTUS AIKAJÄRJESTYKSESSÄ	29
9	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa numeerisesti ohjattu kolmiakselinen työstökeskus alusta loppuun saakka. Työstökoneella on tarkoitus ohjata erillistä plasmapoltinta, joka erittäin kuumalla plasmakaasulla leikkaa metallia. Pöydän rakenne on suunniteltaessa pyritty kohdentamaan juuri plasmaleikkauksen tarpeita silmällä pitäen, joita ovat esimerkiksi työstövoimien puuttuminen, kipinöinti sekä liikenopeudet. Nämä vaikuttavat oleellisesti mekaanisiin ratkaisuihin, kuten johdetyypin valintaan sekä moottorien kokoon.

Opinnäytetyön aihetta valitessa pyrin miettimään, mistä olisi tulevaisuudessa hyötyä, mikä olisi mielenkiintoinen sekä sopivan haasteellinen. Lähialueen yrityksistä ei löytynyt sopivaa työtä, joten päädyin suunnittelemaan omaa aihetta.

Mielenkiinto metallintyöstämiseen ja mekatroniikkaan yhdistyivät hienosti cnc-plasmaleikkurissa, joten päädyin tähän aiheeseen. Tutkiessa valmiiden cnc-leikkureiden saatavuutta, huomasin puutteita pienten leikkureiden saatavuudessa. Suurin osa markkinoilla olevista on kokojensa ja hintojensa puolesta saavuttamattomissa pienillä yrityksillä. Polttoleikkeitä hankkiessa pienyrityksille jää vaihtoehtoksi tilata leikkeet isoilta yrityksiltä, jotka hyvin vaikeasti toimittavat muutaman kappaleen sarjoja. Näihin johtopäätöksiin perustuen pyrin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaisen, edullisen ja helppokäyttöisen cnc-leikkurin pienyrityksiä silmällä pitäen.

2 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS

Työn tavoitteena oli saada toimiva kokoonpano, jossa mekaniikka, elektroniikka sekä niiden ohjaus yhdistyvät ja toimivat suunnitellun mukaisesti. Koska kyseessä on uudenlainen kone, jonka rakentaminen on aloitettu aivan alkutekijöistä, on kyseessä prototyyppi. Minkäänlaista varmuutta laitteen toimivuudesta ei siis voitu taata alunperin, vaan projekti eteni vaihe vaiheelta. Valitessani mekaanisia että sähköisiä komponentteja laitteeseen, pyrin varmistamaan mahdollisimman hyvin, että ne toimivat tarkoitetun mukaisesti ja sopivat yhteen muiden komponenttien kanssa.

CNC-plasmaleikkurin käyttömahdollisuudet ovat varsin monipuoliset. Sillä pystytään osittain tai kokonaan korvaamaan erilaisia konepajan laitteita, kuten porakone, mekaaninen levyleikkuri, hydraulinen pistin, metallisaha sekä tietysti polttoleikkauskone. Taivuttamaan sillä ei metallia pysty, mutta taivuttamiseen liittyviä esitoimenpiteitä, kuten lovia sekä kulmia, voidaan tehdä. Joillakin plasmaleikkausyksiköillä voidaan taltata metallia, eli poistaa plasmakaasun avulla ainetta metallin pinnasta, puhkasematta sitä. Tällä voidaan viistää levyjä sekä tehdä taivuttamista helpottavia uria. Eli varsin monipuolinen menetelmä.

Henkilökohtaisena tavoitteena tässä työssä oli mitata suunnitteluprosessin onnistumista sekä isojen asiakokonaisuuksien hallintaa. Muita omia tavoitteita oli saada tietokoneella tehty mallikappale käytännössä leikattua plasmaleikkurilla.

Laitteen tuotteistaminen sekä muu kaupallistaminen ei kuulunut tähän opinnäyte-työhön, vaan tarkoitus oli tehdä toimiva prototyyppi.

3 NUMEERINEN OHJAUS

Tässä luvussa on tarkoitus kertoa laitteen ohjauksen lähtökohdista ja kokoonpanosta eli selvittää, mistä komponenteista ohjaus koostuu ja miten se toimii. Myös laitteen turvallisuutta on tutkittu tässä luvussa.

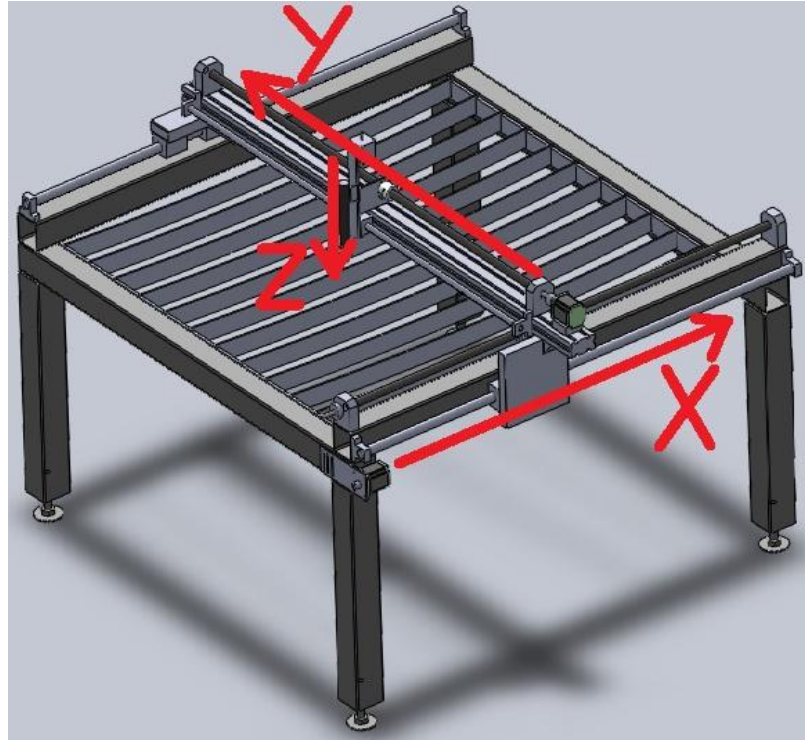
3.1 Numeerinen ohjaus yleisesti

Numeerinen ohjaus eli lyhennettynä NC, joka tulee sanoista Numerical Control, tarkoittaa laitteiston ohjaamista yhtäjaksoisesti numeeriseen muotoon kirjoitetun ohjelman kautta. Tällä pyritään saamaan mittatarkkaa tulosta, nopeuttamaan prosessia, kasvattamaan tuotantomääriä sekä poistamaan inhimillisiä virheitä. Parhaiten NC-ohjaus tulee esille monimutkaisissa ja tarkkuutta vaativissa prosesseissa, joissa manuaalinen ohjaus on vaikeaa ja aikaa vievää. Nykyään NC-ohjausta voidaan hyödyntää ompelukoneista tarraleikkureihin. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 120, 121.)

Numeerisessa ohjauksessa laitteisto saa tarvitsemansa tietonsa reikänauhasta tai kuten tässä työssä, tietokoneelta. Joissain laitteissa voi olla erillinen käyttöpaneeli, josta voidaan ohjata perustoimintoja. Pääasiassa ohjausjärjestelmä ohjaa pöytää, eli kontrolloi liikkeitä, ja näiden lisäksi sillä voidaan ohjata lukuisia muita sähköisiä toimintoja, kuten työvaloa, kaasusolenoideja sekä sähköisiä venttiileitä. Numeerisesti ohjatut leikkauskoneet ovat tarkkoja, periaatteessa virheettömiä, käytännössä voidaan päästä jopa millin sadasosien tarkkuuteen. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 262.)

3.2 Numeerisen ohjauksen toimintaperiaate

Tarkoitus oli saada ohjaus kolmelle akselille, joiden suuntia yleisesti merkitään kirjaimilla X, Y sekä Z. Tekstin selkeyttämiseksi tässä opinnäytetyössä käytetään tästäedes vain kirjainlyhenteitä, suunnat ilmenevät kuviosta 1.



KUVIO 1. Liikesuuntien kirjainlyhenteet.

Suuntia ohjataan työstöratojen ohjausohjelmalla. Ohjelma ymmärtää yleisesti NC-koneiden ohjauksessa käytettyä G-koodia. Nimensä se on saanut siitä, että moni komento alkaa G-kirjaimella. G-koodissa kerrotaan ohjaukselle kaikki informaatio, muun muassa kordinaatit, nopeus, syöttö, työkalu ja ohjelman numero. Nykyään G-koodia ei tarvitse itse ohjelmoida vaan erilaiset CAM-ohjelmat (Computer Aided Manufacturing) tuottavat sen. CAM-ohjelmat muuttavat työkuvaan mitat sekä käyttäjän parametroitavat arvot työstöarvot G-koodiksi ja se voidaan syöttää ohjausohjelmalle, joka liikuttaa toimilaitteita koodin mukaisesti. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 131, 133.)

3.3 Ohjauskomponenttien toiminta

3.3.1 Smoothstepper ja Mach 3

Ohjauksen ytimenä toimii SmoothStepper-ohjainkortti (KUVIO 2), johon kytketään kaikki lähdöt ja tulot, kuten askelmoottoriohjaimet ja lähestymiskytkimet. Lähtöjen sekä tulojen kokonaismäärä on 40 kappaletta, joko 16 lähtöä ja 24 tuloa tai toisinpäin. Sillä pystytään ohjaamaan 6 eri akselia. USB-väylään kytkettävä Smoothstepper simuloi käytännössä kahta PC:n rinnakkaisporttia, joiden kautta yleensä ohjataan PC:seen kytkettyjä ohjausjärjestelmiä. Asennettaessa korttia tietokoneeseen se varaa tietyn prosenttimäärän prosessorista ainoastaan smoothstepperin-käyttöön, joka parantaa sen toimintavarmuutta sekä nopeutta. (Warp9 Tech Design 2008.)



KUVIO 2. Smoothstepper-kortti (Warp9 Tech Design 2008)

Tietokoneeseen asennettava työstörajon ohjausohjelma Mach 3 kommunikoi Smoothstepperin kanssa. Ohjelmaan ladataan CAM-ohjelmasta G-koodi, jonka perusteella Mach 3 pulssittaa moottoreihin tietoa. Tällä hetkellä Mach 3 on ainoa ohjelma, joka toimii Smoothstepperin kanssa. (Warp9 Tech Design 2008.)

3.3.2 Break-Out-Board

Smoothstepper-korttiin ei voida suoraan liittää tuloja sekä lähtöjä, vaan tarvitaan Break-Out-Board, lyhennettynä BOB (KUVIO 3). Se liitetään kahdella liittimellä suoraan Smoothstepperiin. BOB:ssa on ruuvattavat liittimet kaikille lähdöille ja tuloille, joita Smoothstepperi pystyy ohjaamaan. Se sisältää myös Pull-down ja

Pull-up vastukset, jotka vähentävät liitettyjen tulojen, esimerkiksi lähestymiskytkimien, signaalien häiriöitä. Anturien kytkentäohje on liitteessä 2. BOB:n olisi voinut tehdä myös itse, mutta valmiin hankkiminen nopeutti huomattavasti ohjauksen kytkentää.



KUVIO 3. Break-Out-Board

3.3.3 Lähestymiskytkimet

Koneessa on kahdenlaisia lähestymiskytkimiä, kotiraja- sekä päätyrajakytkimiä. Päätyrajakytkimien tehtävä on kertoa ohjaukselle, että liikematka on saavuttanut päätyrajan, ja ohjaus pysäyttää liikkeen. Jokaisella akselilla on molemmissa päissä päätyrajakytkimet eli yhteensä 6 kappaletta. Kotirajakytkimiä on vain yksi per akseli, sen tehtävä on kertoa ohjaukselle, että poltin on kotiasemassa. Ohjelmassa on erillinen aliohjelma kotirajakytkimiä varten. Kun kotirajakytkin aktivoituu, moottori vaihtaa pyörimissuuntaa ja peruuttaa hitaasti, kunnes kytkin deaktivoituu. Tällöin ohjelma tietää tarkalleen polttimen sijainnin leikkausalueella ja nolaa samalla ohjelman koordinaatit. Kotirajakytkimet ovat rullavivulla ja päätyrajakytkimet normaalilla metalliliuskalla triggaantuvia mikroytkimiä.

3.4 Turvallisuusanalyysi

Konetta suunniteltaessa ja rakennettaessa on otettava koneen turvallisuus huomioon. Koneen turvallisuutta tutkitaan riskien perusteella. Selkeä ja johdonmukainen tapa tutkia riskejä on tehdä riskianalyysi (LIITE 1). Se tehtiin allekirjoittaneen sekä muutaman ammattilaisen kanssa, joilla oli kokemusta laitteiden rakennuksesta sekä plasmaleikkurilla suoritettavista töistä. Riskianalyysissä tutkitaan mahdollisesti tapahtuvan tapaturman todennäköisyyttä sekä sen vakavuutta. Tapaturman todennäköisyys sekä vakavuus pisteytetään ja kerrotaan keskenään, yhtälöstä muodostuva tulo on riskiluku. Tapoja pisteyttää tapaturman todennäköisyys sekä vakavuus on lukuisia. Käytimme hyväksi yleisesti hyväksyttyä riskikartoitusta (LIITE 2), jossa riskiluku on skaalattu välillä 0,1 - 300, ja jaettu 5 osaan. Osien määritelmät ovat vähäinen, siedettävä, kohtalainen, merkittävä ja sietämätön. Ainoastaan määritelmät vähäinen ja siedettävä ovat hyväksyttäviä arvoja, niiden riskiluku sijoittuu välille 0,1 - 29. Joten riskiluku 30 ja sen yli olevat arvot ovat kiellettyjä, ja laitteen turvallisuutta on parannettava. Parannusehdotuksen jälkeen riskit arvioidaan uudelleen, mikä muodostaa jäännösriskin. Jäännösriskin arvioinnissa on tarkoitus pienentää tapaturman todennäköisyyttä ja siten tehdä laite turvallisemmaksi. (Siirilä & Kerttula 2009, 28, 29, 32, 33.)

4 OHJAUKSEN SÄHKÖISTÄMINEN

4.1 Ohjauskeskus

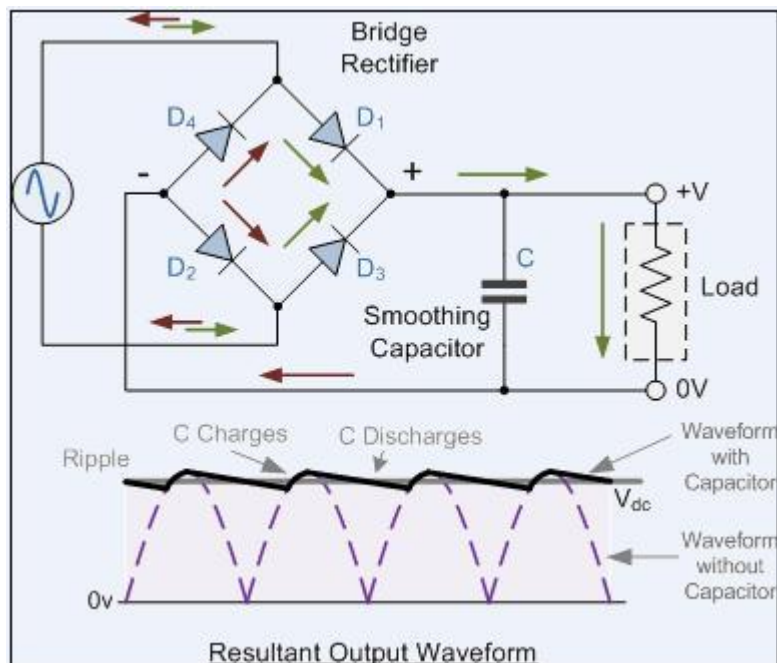
Testikäytössä laitteen sähkö- ja ohjauskeskuksena toimii lukittava vesivanerista valmistettu kaappi. Kaapin mitat ovat 48x46x24cm. Kaappi on kaksiosainen, osat on erotettu toisistaan keskellä olevalla vesivanerilevyllä. Toiseen osaan on tarkoitettu sijoittaa tehopuoli ja toiselle ohjauspuoli. Häiriöiden välttämiseksi herkäät elektroniikkakomponentit on syytä olla mahdollisimman kaukana tehopuolesta. Vesivaneri ei ole herkästi syttyvää materiaalia, mutta paloturvallisuuden parantamiseksi kaapin päälle tulee sähkösinkitystä pellistä valmistettu suoja. (Puuinfo 2009)

Rengassydänmuuntaja sekä askelmoottoreiden ohjainkortit tuottavat lämpöä, joita varten koteloon suunniteltiin ilmanvaihdon. Jäähdytys on toteutettu sähköisellä puhaltimella. Puhallin imee koteloa alaosasta ja ottaa korvausilmaa koteloa yläosasta. Korvausilmaluukussa on hienoa suodatinkangasta, joka estää roskien pääsyn keskukseen. Ohjauskeskuksen sijoituspaikka on lähellä lattiapintaa, jossa tunnetusti on enemmän pölyä ja likaa. Tämän takia sijoitin korvausilmaluukun keskuksen yläosaan.

Kaappi on tarkoitettu kiinnitettäväksi rungon jalkaan, kuitenkin siten, ettei se ole suoraan leikkausalueen alla. Mietin myös ohjauskeskuksen sijoittamista ohjauspulpettiin. Johtuen isosta johtomäärästä kaapin ja rungon välillä, on kuitenkin paljon järkevämpää asentaa kaappi kiinni rungtoon. Ohjauspulpetin ja kaapin välille tulee ainoastaan USB-kaapeli, jolla saadaan helposti kasvatettua välimatka turvallisesti käyttäjälle.

4.2 Virtalähde

Askelmoottorit vaativat tasajännitettä toimiakseen. Kokemukseen perustuen tämän kokoluokan askelmoottoreille sopii noin 40 voltin jännite. Datalehdistä laskettuna kaikki kolme askelmoottoria tarvitsevat virtaa yhteensä 9,6 ampeeria. Virtalähteeksi hankin 330 watin rengassydänmuuntajan, joka muuntaa 230 voltin vaihtojännitteen 2 x 30 volttiin. Toisiopuolia on siis kaksi, ja yhteensä virtaa ne antavat 10 ampeeria. Kun 30 voltin vaihtojännite kokoaaltotasasuunnataan diodisillalla (KUVIO 4), on se kerrottava kahden neliöjuurella, joka antaa huippuarvoksi 42,4 voltia tasajännitettä. Tästä on vielä vähennettävä 1,2 voltia, joka häviää diodisillan läpi kulkeutuessa. Häviöt johtuvat diodin kynnyksjännitteestä, lopulliseksi tasajännitteeksi tulee siis 41,2 voltia. Diodisillan jälkeen kytketään rinnan 10 000 μ F suotokondensaattori, joka tasaa jännitteen. Suotokondensaattoreiden jännitekesto on otettava huomioon, joten valitaan kestoksi 80voltageä. Se riittää sovellukseen hyvin. Askelmoottorit eivät vaadi kovin hienoa jännitettä, kuten esimerkiksi audiovahvistimet, joten tämä on riittävä menetelmä energisoida moottorit. (Huhtama 2011.)



KUVIO 4. Tasasuuntauksen kaaviokuva.

4.3 Ohjauspulpetti

Varsinainen ohjausohjelma Mach 3 on siis asennettu tavalliseen pöytätietokoneeseen, joka siis kytketään USB-kaapelilla ohjauskeskukseen. Tietokone on välttämättömän koneen toiminnan kannalta, ja sitä on pystyttävä hallitsemaan leikkauksen aikana. Tätä varten suunnittelin liimapuulevyistä pienen ohjauspulpetin. Se on varustettu pyörillä, liikuttamisen helpottamiseksi. Ohjauspulpetissa on tietokoneen keskusyksikkö, näyttö, näppäimistö ja hiiri. Hiiri ja näppäimistö ovat langattomia, se vähentää johdotustöitä ja antaa hieman pelivaraa konfiguroida ohjelmaa. Näppäimistöön voi ohjelmoida erilaisia pikakomentoja ohjata plasmapolttinta, langattomana näppäimistön voi viedä lähemmäksi konetta ja hallinnoida sitä paremmin. Kokemukseen perustuen toimintasäde hiirellä ja näppäimistöllä on noin 10 metriä. Pulpetin etäisyyttä itse laitteesta voidaan kasvattaa pidemmällä USB-kaapelilla.

4.4 Laitteen kaapelointi

4.4.1 Mekaaninen suojaus

Koneen kaikki näkyvät kaapelit tulee suojata asianmukaisesti kipinöiltä ja lämmöltä. Kiinteät kaapelit on helpoin sijoittaa rungon sisälle suojaan, aina kun se on mahdollista. Jos kaapeli jää näkyviin, kätevin tapa on vetää kaapeli alumiinisen suojaputken sisälle. Haastavempia johdotuksia ovat moottoreiden johdotukset, koska ne ovat liikkeessä. Parhaiten liikkuvaan kaapelointiin sopii energiansiirto- ketju, joka taipuu mallista riippuen yhteen, kahteen tai jopa kolmeen suuntaan (KUVIO 5). Ne asennetaan liikesuuntien kanssa saman suuntaisesti, ja niiden tarkoitus on estää kaapeleiden joutuminen leikkurin tielle sekä puristuminen komponenttien väliin.



KUVIO 5. Energiansiirtoketju

4.4.2 Maadoitus ja häiriönsuojaus

Ohjauskeskus on eristetty leikkauspöydästä, koska plasmapolttimen positiivinen elektrodi on leikattavassa kappaleessa, eli rungossa. Etenkin plasmapolttimen sytytyksessä käytettävä korkeataajuuksinen jännitepiikki on vaarallinen ohjauselektroonikalle, minkä vuoksi se on syytä olla eristettynä rungosta.

Moottorien kaapelit on armeerattua nelijohtimista signaalikaapelia, moottorivalmistajan mukaan poikkipinta-alaksi soveltuu $4 \times 0,25\text{mm}^2$. Virta kulkee johtimissa pulsseina, joten kuormitus on vähäisempää kuin jatkuvalla virtamäärällä. Kaikkien kolmen moottorikaapeleiden konsentristen johtimien päät on yhdistetty ohjauskeskuksessa ja liitetty syöttökaapelin suojamaahan. Kokemuksen perusteella moottorin puoleista päätä ei kannata maadoittaa runkoon plasmapolttimen maapinnan takia.

Hätä-seis sekä lähestymiskytkinten kaapelit ovat myös varustettu konsentrisella johtimella, jotka ovat liitetty syöttökaapelin suojamaahan ohjauskeskuksessa. Kokemukseen perustuen Smoothstepper-ohjainkortti on hyvä maadoittaa erikseen tietokoneen metallirunkoon vähentäen herkkien komponenttien virheherkkyyttä.

5 LINEAARILIIKKEIDEN TOTEUTUS

5.1 Moottorit

Liikkeen kuularuuveihin tuottavat askelmoottorit. Valintaperusteita askelmoottoreihin ovat edullinen hinta, plasmakäyttöön tarpeeksi tarkka paikoitus sekä riittävä teho. Koska askelmoottorit ovat harjattomia, eikä niissä ole kuluvia osia laakereiden lisäksi, ne ovat erittäin kestäviä ja toimintavarmoja. Moottorin lämpenemistä on syytä seurata, jos moottoria kuormitetaan rajusti. Lämmön on syytä pysyä alle 80° celsiusasteen, muutoin moottorin käämitykset kärsivät.

5.2 Moottoreiden toiminta

Askelmoottorien liike on kuormasta riippumaton, millä on sekä hyviä että huonoja puolia. Moottorit liikkuvat niille syötetyn askeltiedon ja suuntatiedon mukaan. Jos moottori on alimitoitettu, eli moottori ei syystä tai toisesta liiku ohjauksen mukana, se luistaa ja näin kadottaa pulsseja. Samalla katoaa myös tarkka paikkatieto, sillä ohjaus laskee paikkatiedon syötetyiden askelten ja suuntatiedon mukaan. Tähän perustuen on tärkeää, että ohjattu systeemi toimii moitteettomasti ja sulavasti. Tätä edesauttaa myös valitsemalla vaadittua tehokkaampi moottori. Askelmoottoreita on kolmea erilaista päätyyppiä. Niistä valitsin hybridiaskelmoottorin, jossa yhdistyvät muuttuvareluktanssisen sekä kestromagnetoidun askelmoottorin ominaisuudet. Moottori on monihampainen, kuten myös muuttavareluktanssissa. Moottorin akselin ympärillä on kestromagnetoitu staattori. Moottori pyörii, kun roottorin ja staattorin erimerkkiset navat vetävät toisiaan puoleensa. Hammastuksesta johtuva muuttuva ilmaväli edesauttaa moottoria asemoitumaan tarkemmin. Hybridi tuottaa paremman momentin, resoluution sekä nopeuden kuin toiset.

Haittapuolia ovat hieman kalliimpi hinta sekä ohjauksen monimutkaisuus. Eniten käytettyjä ovat juuri kestromagnetoidut sekä hybridi moottorit, riippuen sovelluksen vaativuudesta. (Solarbotics 2001.)

5.3 Moottoreiden mitoitus

Ensiksi haarukoin markkinoilla olevista moottoreista fyysisesti oikean kokoiset. Tarjolla olevista askelmoottoreista merkittävin tieto, joka ilmoitetaan, on pitomomentti, joka ilmoitetaan datalehdessä. Myös monesti on ilmoitettu momentin suhde kierroslukuun -kaavio, josta voidaan tarkemmin tutkia moottorin momenttia tietyllä kierrosluvulla.

Päädyin NEMA 23 -sarjaan, josta löysin jokaiselle akselille sopivan moottorin. Sarjan pitomomentit alkaen 0,7 Nm aina 3 Nm asti. Niiden rakenteellinen askelkoko on 1.8° eli 200 askelta per kierros. X- sekä Y-akselille valitsin samankokoiset, joissa 3 Nm pitomomentti. Z-akselille valitsin pienemmän 1,24 Nm pitomomentilla olevan moottorin, johtuen pienemmästä liikuteltavasta massasta. Z-akselille oli hyvä myös saada fyysisiltä mitoiltaan mahdollisimman pieni moottori, koska sen painopiste on suhteellisen ylhäällä. Jokaiseen moottoriin saa kiinni esimerkiksi pulssianturin, sillä niissä on tupla-akseli.

Suuntaa antavana kaavana käytin kaavaa 1, joka on tarkoitettu ruuvikäytölle. Oletetaan, että tarvittava voima 300 N, ruuvin nousu 5mm sekä ruuvin hyötysuhde 0,90 saadaan momentiksi 0,3 Nm. Ikinä ei voida kuitenkaan korostaa järjestelmän varmuutta liikaa, joten valitsin NEMA 23-sarjasta isoimmat moottorit X- ja Y-ruuveille. Niissä on kymmenkertainen momentti laskettuun 0,3 Nm nähden. Z-akselin mitoituksessa käytin tarvittavana voimana 100N, nousuna 2 mm ja hyötysuhteena trapetsiruuville 0.5. Näin saadaan tarvittavaksi väännöksi 0,06 Nm, eli valittu 1,24 Nm on yli 20 kertainen. Liitteessä 3 on moottoreiden datalehdet.

(Kaava 1)

F = Tarvittava voima (N)
 p = ruuvin nousu (mm)
 n = ruuvin hyötysuhde (1/100)

5.4 Moottoriohjaimet

Askelmoottoreita ohjataan pulssittamalla niiden käämeihin virtaa tietyssä järjestyksessä, jolloin moottorin akseli askeltaa pulssien määrän mukaisesti. Ohjaustapoja on kolmea erilaista, joilla saavutetaan eriasteisia tarkkuuksia. Karkein ohjaustapa on kokoaskellus, jossa moottorin akseli liikkuu aina rakenteellisen askelman verran, joka yleensä on 1.8° . Hieman hienostuneempi tapa ohjata on puolias kellus, jossa moottorin kahteen peräkkäiseen käämiin syötetään virtaa, näin ollen roottori asettuu niiden puoliväliin ja paikoitus on hieman tarkempi kuin kokoaskelluksella. Kehittynein ja tarkin tapa ohjata on mikroaskellus, joka laajentaa askelmoottoreiden käyttöaluetta vaativiinkin sovelluksiin. Mikroaskellus vaatii siihen soveltuvan ohjaimen. Sen periaate liikuttaa roottoria tarkasti perustuu useampaan käämiin, joihin ohjain syöttää virtaa vuorotellen eritahtiin. Näin roottori voidaan asettaa käämien väliin haluttuun kohtaan ja rakenteellinen askelma voidaan jakaa moneen pieneen osaan, mikä parantaa moottorin tarkkuutta eli resoluutiota. (Solarbotics 2001.)

5.5 Moottoriohjaimen valinta

Hybridiaskelmoottoreiden pariksi valitsin mikroaskeltavat ohjaimet, joissa on virranrajoitus. Virranrajoitusta tarvitaan, kun moottoreille syötetään ylijännitettä. Nimellisjännitettä käytettäessä moottorin tuottama momentti laskee rajusti korkeammilla kierrosnopeuksilla. Ylijännitettä käyttämällä saadaan paremmat momenttiominaisuudet. Haittapuolena on moottorien käämien lämpeneminen, jota on syytä seurata. Ohjaimesta säädetään maksimivirta ohjattavalle moottorille. Askelmoottorille sopiva virtamäärä nähdään datalehdestä, ja dippikytkimillä valitaan virta-arvo. Jos juuri oikeaa ei saa valituksi, valitaan mieluiten arvo, joka jää alle maksimin. Valitsemisani ohjaimissa on myös lisäominaisuutena virranpuolitus. Jos moottorit eivät liiku viiteen sekuntiin, se puolittaa käämeihin syötetyn virran, joka vähentää moottoreiden lämpenemistä. Ominaisuuden saa kytkettyä päälle dippikytkimellä. Jännitteen kesto ohjaimessa on 20 voltista 50 volttiin, joka sopii virtalähteelle hyvin.

Moottorille lähtevät askel ja suuntatiedon lähtöportit on optoerotettu, eli galvaaninen yhteys on katkaistu. Tämä on tärkeä ominaisuus varsinkin plasmakäytössä, sillä plasmaleikkauksessa pöytä on positiivinen elektrodi ja maadoittuu plasmapis-toolin kautta. Jos mahdolliset hajavirrat kulkeutuvat moottorin kautta sähkökeskukseen, ohjaimen optoerotin suojelee elektroniikka rikkoutumasta. Liitteessä 4 on moottoriohjaimen datalehti.

5.6 Ruuvikäyttö

Päädyin toteuttamaan X ja Y liikkeitä kuularuuvein (KUVIO 6). Niissä on hyvä hyötysuhde, noin 90% moottorin tuottamasta energiasta välittyy lineaarisiksi liikkeiksi. Muilla ruuvityypeillä, joita ovat trapetsiruuvi, liukuruuvi, rullaruuvi, ei päästä niin hyvään hyötysuhteeseen kuin kuularuuvissa. Energiaa hukkuu pääosin kitkavoimien voittamiseen. Kuularuuvi on myös tarkempi kuin muut ruuvityypit. Itse ruuvi on tarkkuuskoneistamalla tai valssaamalla valmistettu, jossa on kuulille sopiva nousullinen ura. Kuulat sijaitsevat mutterissa omalla radallaan, ja asettuvat ruuvien sekä mutterin väliin. Liike välittyy kuulien kautta. Korostin hyötysuhteen tärkeyttä, koska käytössäni on askelmoottorit ilman takaisinkytkentää, joka vaatii häiriöttömän toiminnan. Mitä helpommin moottorin energia välittyy liikkeeksi, sen tarkempi ja varmempi systeemi on.



KUVIO 6. Havainnekuva kuularuuvista.

Tärkeä seikka, joka puoltaa ruuvikäyttöä, on sen hitausvoimia vaimentava vaikutus. Isotkaan massat eivät merkittävästi tunnu moottorin akselilla. Tämä ominaisuus on suoraan suhteessa ruuvin nousuun, mitä pienempi nousu sitä paremmin ruuvi ottaa massaa vastaan. Pidemmässä ruuvikäytössä on otettava huomioon kriittinen pyörimisnopeus, joka riippuu käytettävän ruuvin halkaisijasta, pituudesta ja laakeroinnista. Valmistusteknisistä syistä varsinkin valssaamalla valmistetut pidemmät ruuvit ovat hieman kieroja. Liian nopea pyörimisnopeus aiheuttaa ruuvin vatkasta ja järjestelmän epävakautta.

5.7 Ruuvikäytön mitoitus

Valitsin kuularuuvien halkaisijaksi 20 mm ja nousuksi 5 mm per kierros. Kun oletetaan, että liikkeen maksiminopeus on 3 m/s, saadaan kuularuuvien pyörimisnopeudeksi 600 rpm. Tämä kierrosluku on sopiva askelmoottoreille, ja jättää vielä hieman varaa välityksillekin. Tarkastin vielä suuntaa antavalla laskurilla kriittisen pyörimisnopeuden kuularuuville, joka oli 1124 rpm (Nook Industries 2011). Siis melkein kaksinkertainen suunniteltuun määrään nähden.

Myös ruuvien kokonaispituudet ovat samat. Pituus on mitoitettu juuri tarkasti pöydän mukaisesti. Kierreosan pituus ruuvissa on 1360 mm, ja kun siitä vähennetään mutterin pituus 60 mm, saadaan hyötypituudeksi 1300 mm. Tällöin ruuvi on juuri oikean mittainen kyseiselle leikkausalueelle.

Z-suunnan liike on toteutettu lineaariyksiköllä, jossa on liike sekä johde integroituna. Liikkeen tuottaa trapetsiruuvi, joka liikuttaa pientä kelkkaa alumiinijohteessa (KUVIO 7). Ruuvin halkaisija on 4 mm ja nousu 2 mm per kierros, liikkeen hyötypituus on 250mm. Tällä pyrin yksinkertaiseen sekä edukkaaseen rakenteeseen. Hyvällä ruuvin voitelulla päästään kuitenkin kohtuulliseen hyötysuhteeseen, joka on moottorille eduksi. Z-liikkeen käyttösuhte verrattuna kahteen muuhun liikesuuntaan on häviävän pieni, koska poltin liikkuu korkeussuunnassa vain leikkauksen aloitus- ja lopetuspisteissä. Myöskin liikuteltavat massat ovat Z-liikkeellä pienet, pelkkä poltin sekä energiasiirtoketjun aiheuttama raskaus.



KUVIO 7. Mallikuva Z-liikkeestä.

5.8 Lineaarijohteet

Ruuvikäyttö antaa liikevoiman, mutta tarvitsee lisäksi samansuuntaiset johteet sekä kelkan tai holkin tukevoittaakseen liikkeen. Johteita on erimallisia, pyöreitä sekä lukematon määrä erilaisia profiilijohteita. Useimmilla valmistajilla on itseke-

hitetty profiili ja siihen sopiva holkki tai kelkka, joka tarvitsee sopivan sovitteen tai laakeroinnin liikkuaakseen täsmällisesti johteessa.

Suunnittelussa päädyin käyttämään pintakarkaistua pyöröjohdetta sekä siihen sopivaa kuulaholkkia (KUVIO 8). Kyseisessä sovelluksessa pyöröjohde asennetaan päistään kiinni pöytään erillisillä kiinnityspannoilla. Holkin sisällä on kuulia, jotka pyörivät omalla radallaan holkin sisällä kun holkki liikkuu pyöröjohteen päällä. Kuulat siis välittävät liikettä. Syitä, miksi päädyin kuulaholkkiin, oli edukas hinta, riittävä tarkkuus plasmakäyttöön sekä hyvä saatavuus.



KUVIO 8. Havainnekuva kuulaholkista.

5.9 Voimansiirto

X- ja Z-liikkeen voimansiirtoon suunnittelin hammashihnakäytön, joka perustuu moottorin fyysiseen sijoituspaikkaan. Hihnakäyttö antaa myös mahdollisuuden välityksien muuttamiseen, jotta askelmoottorin toiminta olisi optimaalista. Huomioiden X-liikkeen ison liikuteltavan massan muutin välitystä hitaammaksi. Väli-tyssuhteeksi tuli 1:2, eli moottorin täysi kierros vastaa ruuvien puolta kierrosta. Tämä helpottaa hieman askelmoottorin työtä. Z-liikkeen välitys on 1:1, koska kuormitukset ovat melko pieniä ja varmuuskerroin on jo huomioitu moottorin valinnassa.

Hihnoiksi valitsin teräsvahvistetut polyuretaanihihnat, joissa hammastus täsmää hammaspyöriin. Polyuretaanihihna on hiljainen, kestävä ja sallii pienen linjausvirheen hammaspyörissä. Hihnoja sekä hammaspyöriä on saatavilla hyvin, ne ovat

kustannustehokkaita, ja niitä on saatavilla laaja valikoima. Joten niillä on helppo saada haluttu välitys aikaiseksi.

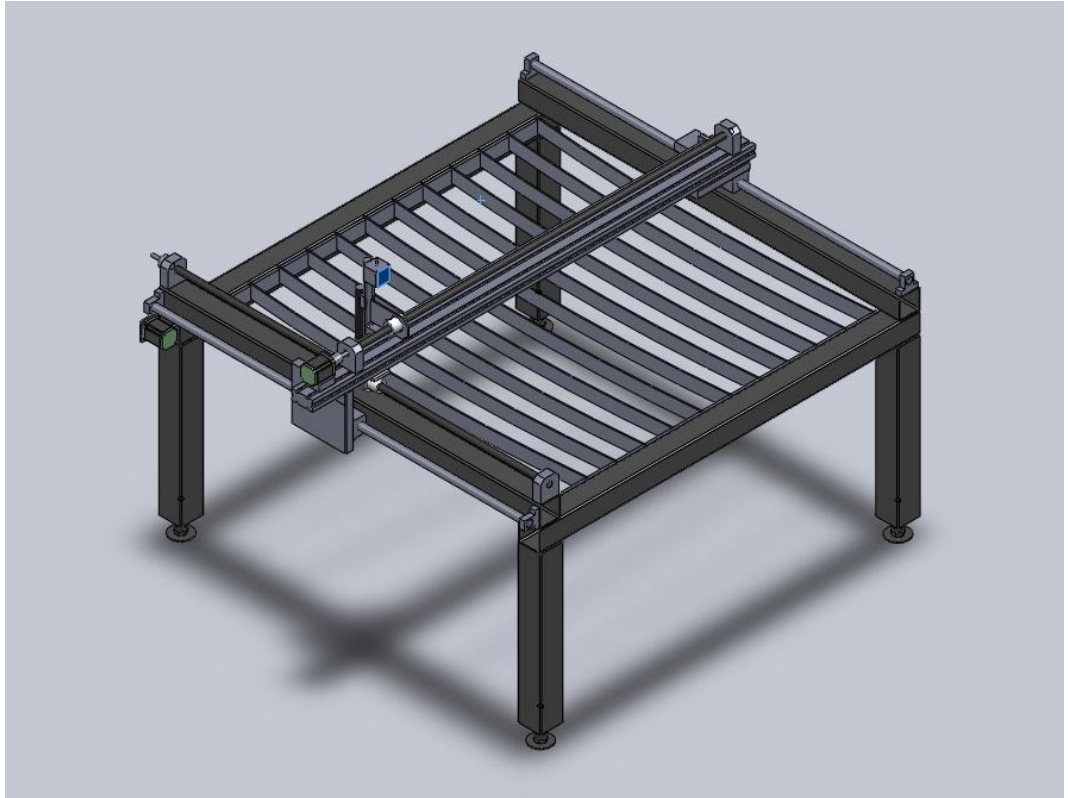
Hihnan kiristys tulee tapahtumaan liikuttamalla askelmoottoria. Jyrsinkoneella tehtävät urat mahdollistavat moottorin liikuttamisen, ja tällöin välimatka ruuviin kasvaa. Hihnojen pituuksia on saatavilla muutaman millimetrin välein, joten 10 mm:n kiristysvara moottorilla on riittävä.

Y-liikkeen moottori tulee akselikytkimellä kiinni ruuviin. Akselikytkimen tarkoitus on poistaa ruuvin ja moottorin linjausvirhe. Tarvittaessa siihenkin voidaan vaihtaa hihnäkäyttö, muuttamalla moottorin kiinnityspaikkaa. Toinen vaihtoehto välityksen lisäämiseksi on planeettavaihteisto, jolla saadaan isompikin välitys pieneen tilaan. Y-liikkeen kuormitukset ovat verrattain kevyemmät kuin X-liikkeen, täten arvioin moottorin toimivan hyvin ilman välitystä.

6 MEKAANINEN RAKENNE

6.1 Runko

Leikkauspöydän rakenteeksi valitsin portaalityyppisen rakenteen (KUVIO 9). Portaalityyppisen pöydän perusajatus on sivuilla olevat kiskot, joiden väliin tulee poikittainen kelkka. Näin muodostaa ylhäältäpäin katsottuna ristikkäinen liike. Kelkkaan voidaan tyypistä riippuen asentaa lisää liikkuvia akseleita, joko pyöriviä tai pitkitäissuuntaisia. Portaalirakennetta käytetään eniten nostureissa, mutta on myös suosittu rakenne cnc-jyrsimissä sekä erilaisissa leikkauskoneissa. Mekaaninen rakenne on mallinnettu Solidworks 2010 -ohjelmalla. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 262.)



KUVIO 9. Portaalin rakenne sekä avonaiset päädyt.

6.1.1 Rungon koko

Rungon suunnittelun aloitin tutkimalla leikattavien levyjen kokoa, samalla pitäen mielessä, että laitteesta tulisi kompaktin kokoinen. Tutkin saatavilla olevien levyjen kokoa ja tulin siihen tulokseen, että leveys 1250 mm on hyvin yleinen varastokoko monilla eri materiaaleilla sekä monilla levyntoimittajilla. Näin päädyin ottamaan leikattavan alueen leveydeksi 1300 mm, jossa on siis 50 mm:n liikevara plasmapolttimelle. Valitsin alueen pituudeksi myös 1300 mm pitäen rungon koon järkevänä. Näin ollen myös akseleiden liikematkat eivät kasva liian suuriksi, ja pöydästä tulee tukevampi sekä kustannuksiltaan halvempi. Rungon tarkemmat mitat on liitteessä 5.

Päädyin jättämään leikattavan alueen kaksi muuta sivua avonaiseksi (KUVIO 9), koska leikattavien levyjen yleinen pituus on 2500 mm tai 3000 mm. Näin ollen leikkuriin saa erillisen tukipyöden avulla kiinnitettyä isompiakin levyjä ilman esileikkausta.

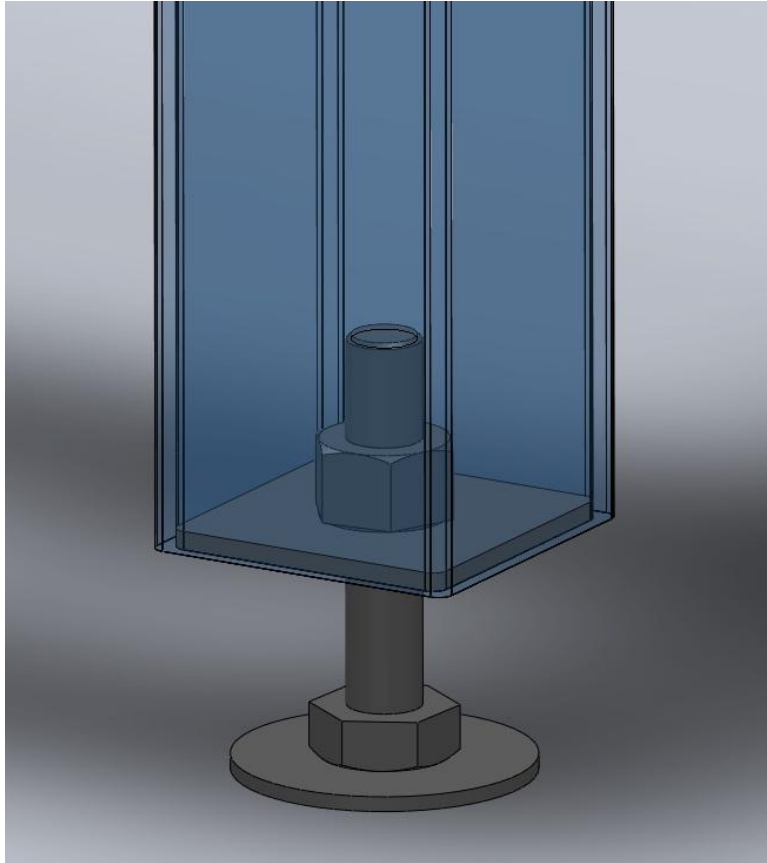
6.1.2 Rungon materiaali

Rungon materiaaliksi valitsin yleisen rakenneteräksen, S235JRG2. Koska sitä oli helposti saatavilla ja sen käsittely sekä liittäminen on helppoa. Käytettävän teräksen lujuudella ei ole käytännön merkitystä, koska teräksen kimmokerroin on sama lujuudesta riippumatta. Tarkoitus oli saada mahdollisimman jäykkä runko, jotta mittatarkkuus säilyy. Myöskään rungon paino ei muodostu liialliseksi ongelmaksi, sillä mitä tukevampi pöytä on, sen parempi.

Pöydän runko on valmistettu 80x80x6,3mm:n putkipalkista. Päädyin tähän kokoluokkaan, koska se antaa riittävän tukevan rakenteen ja on esteettisen näköinen. Putkipalkin seinämävahvuus mahdollistaa kierteiden teon suoraan runkoon, ja näin ollen runkoon kiinnitettävät varusteet on helppo liittää siihen. Sähköjohdot kulkevat putkien sisällä sekä kuularuuvien akselipukit kiinnitetään putken sisäpuolelta, joten päädyt on jätetty avonaisiksi. (Putkipalkit liitin hitsaamalla käyttäen Kempin vesijäähdytteistä MAG-laitteistoa. Pyrin pitämään sauman a-mitan mahdollisimman pienenä, jotta runko lämmön vaikutuksesta pysyisi mitoissaan.) Seinämävahvuuden paksuus palvelee myös hitsausta, lämmöstä aiheutuva teräksen veteleminen on vähäisempää kuin ohutseinämäisessä.

6.1.3 Rungon jalat

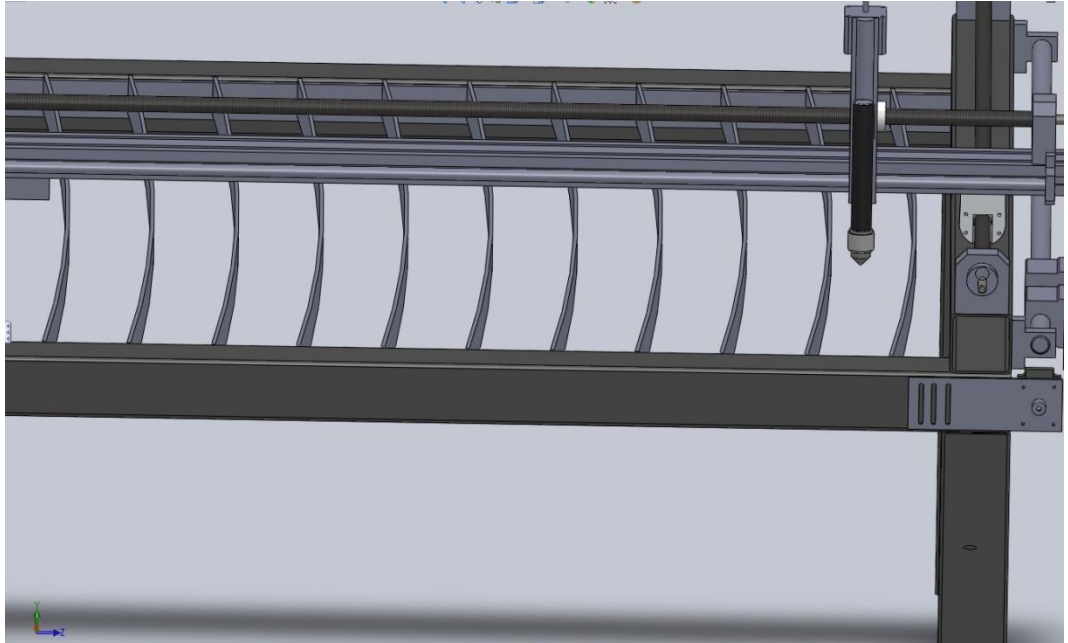
Rungon jalkoihin suunnittelin säätömahdollisuuden käyttäen M24 kokoista mutteria, pulttia sekä aluslaattaa, jolla säädetään pöydän korko vaakasuoraan (KUVIO 10). Säätömahdollisuudella saadaan lattian epätasaisuudesta johtuva keikkuminen hallintaan. Käytin hyväksi standardiosia hyvän saatavuuden sekä hinnan takia.



KUVIO 10. Jalan säätömekanismi.

6.2 Leikkausalusta

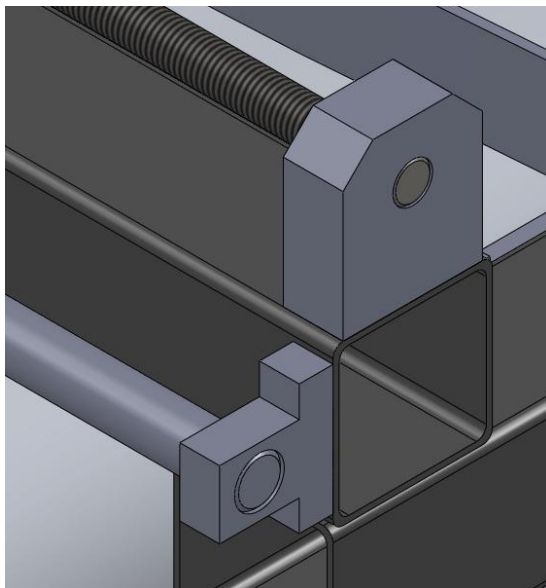
Leikattavan levyn alla on oltava mahdollisimman paljon tilaa, koska plasmapoltin sulattaa hieman myös ylimääräistä. Toisaalta taas levyn on oltava tarkasti samassa tasossa ja tukevasti. Suunnittelin leikkausalustaksi rungon reunoille L-teräkset sekä keskelle pöytää tukipalkin, joihin on hitsattu 50 mm pitkiä lattateräksen palasia, joiden väliin tulee 1340 mm:n pituisia lattateräksiä 12 kappaletta. Pienten lattateräspalikoiden ainevahvuus on 8x20 mm ja pidempien 5x60 mm, joten se on tarpeeksi tukevaa pitämään levy jäməkästi paikallaan mutta ei peitä liikaa levyn alapintaa. Pidemmät lattateräkset ovat taivutettu hieman kaarelle, jotta ne pysyvät paremmin paikallaan. Leikattava levy lepää siis irroitettavien lattaterästen päällä (KUVIO 11), ja ne ovat vaihdettavissa ilman työkaluja. Paksumpia levyjä leikatessa lattateräkset kuluvat nopeasti ja aiheuttavat täten epätarkkuutta.



KUVIO 11. Esijännitetyt lattateräkset.

6.3 Kuularuuvien sekä pyöröjohteiden asennus

Kuularuuvien laakeripukit sekä pyöröjohteiden kiinnityspukit asennetaan suoraan runkoon (KUVIO 12). Runkoon porataan M6-kierteelle sopiva 5 mm:n halkaisijaltaan oleva esireikä ja kierteytetään se.



KUVIO 12. Pukkien kiinnitys suoraan runkoon.

6.4 Liikesuuntien rakenne

X-suunnan liike välitetään askelmoottorin kautta hihnaa pitkin kuularuuville, joka liikuttaa pöydän päällä kulkevaa kelkkaa, jossa on sekä Y- että Z-liike (KUVIO 13). Pyöröjohteet asennetaan pöydän molemmille puolille, kumpaankin johteeseen tulee kaksi kuulaholkkia jäykistämään rakennetta. Kuulaholkkeihin pultataan 80x40 mm:n alumiiniprofiili, muodostaa kelkan rungon. Alumiiniprofiiliin on helppo kiinnittää Y-liikkeen kuularuuvi ja pyöröjohde erillisten kiinnityspalojen avulla. Kiinnityspalassa on kierre ja se liu'utetaan profiilin uraan, jolloin sen paikkaa voi muuttaa pitkittäissuunnassa. Se helpottaa profiilin asennusta huomattavasti. Z-liike tuetaan Y-liikkeen kuulamutteriin sekä pyöröjohteessa liikkuvaan kuulaholkkiin.



KUVIO 13. Pöydän päällä kulkeva kelkka, jossa Y-liike sekä Z-liike.

7 PLASMALEIKKAUS

7.1 Toimintaperiaate

Plasmaleikkaus kuuluu termisten leikkausten sarjaan, ja muita siihen kuuluvia ovat polttoleikkaus sekä laserleikkaus. Menetelmät voidaan jakaa vielä kahteen eri toimintaperiaatteeseen. Sulatusleikkaukseen, jossa aine sulatetaan ja polttoleikkaukseen, jossa aine sytytetään palamaan. Plasmaleikkaus käyttää hyväkseen sulatusmenetelmää. Polttoleikkaus nimensä mukaisesti sytyttää leikattavan materiaalin palamaan. Laserleikkaus käyttää hyväkseen sulatusleikkausta sekä polttoleikkausta. Polttoleikkaus on siis menetelmä sekä myös toimintaperiaate. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 263.)

Plasmaleikkauksessa pyritään kuumen plasmakaasun lämpöenergiaa hyväksikäyttäen sulattaa leikkattavaan kappaleeseen railo. Sulanut metalli puhalletaan pois railosta kaasuseoksen avulla. Kaasuina käytetään argonia, typpeä, happea, vetyä sekä monesti paineilmaa. Plasmaleikkausta voidaan hyödyntää kaikkiin sähköjohtaviin metalleihin, kuten teräkseen, alumiiniin, kupariin, rst-teräkseen. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 264.)

7.2 Laitteisto

Plasmaleikkauslaitteisto koostuu virtalähteestä, polttimesta, maadoituskaapelista, kaasujärjestelmästä sekä mahdollisesti erillisestä ohjausyksiköstä. Nykyään ohjausyksikkö on integroitu virtalähteeseen. Laitteesta riippuen siitä voidaan säätää muun muassa leikkausvirtaa, kaarijännitettä sekä kaasujen virtausta.

Virtalähteinä käytetään tavallisesti transduktori- tai tyristoriohjattua tasasuuntaajaa, mutta markkinoita on valtaamassa invertteri-tekniikkaan perustuvat virtalähteet. Se muuttaa syötettävän vaihtosähkön tasajännitteeksi ja eristehilatransistoreja (Isolated Gate Bridge Transistor) hyväksikäyttäen muuttaa sen jopa 200 kHz:n taajuudeksi. Korkeaa kytkentätaajuutta käyttämällä ei tarvita niin massiivisia muuntajia, ja laitteen teho kasvaa ja fyysinen koko pienenee.

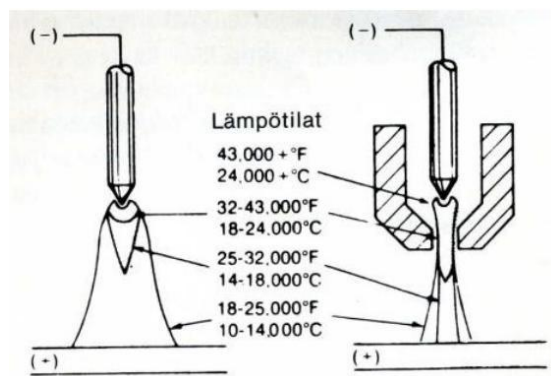
Polttimia on tarjolla pääosin kahta erilaista: koneelliseen leikkaukseen tarkoitettu- ja suoria polttimia, ja käsivaraiseen leikkaukseen tarkoitettuja, joissa on sytytyskytkin sekä kädensija (KUVIO 14). (Renault 2007.)



KUVIO 14. Konepoltin vasemmalla ja käsipoltin oikealla.

7.3 Plasmakaasu

Plasmakaasu on korkeaan lämpötilaan kuumennettua dissosioitunutta sekä ionisoitunutta kaasua. Lämpöä ylläpitää plasmakaasu sekä valokaari polttimesta leikkattavaan kappaleeseen. Korkea lämpötila rikkoo atomitasolla elektronien sidoksia ja saa kaasun tällöin johtamaan sähköä. Kaasuseos kulkee plasmapolttimen läpi kuvion 15 mukaisesti, josta nähdään myös lämpötilat. Polttimen wolframielektrodin ympärillä on keraaminen holkki, joka kuristaa kaasunvirtausta ja tällöin kaasun virtausnopeus kasvaa. Samalla myös lämpötila on keskittyneempi ja leikkausteho kasvaa. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2007, 263)



KUVIO 15. Plasmakaasun lämpötilat. (Ihalainen ym., 2007, 264)

7.4 Pilottikaari

Plasmapoltin sytytetään korkeajännitteisellä valokaarella. Ensin polttimen läpi puhalletaan plasmakaasua ja sulkemalla virtapiiri polttimen ja leikattavan levyn välillä synnyttää valokaaren, joka kuumentaa kaasun ja saa sen johtamaan sähköä. Joissakin malleissa on erillinen pilottikaari, eli plasmapolttimen ei tarvitse olla yhteydessä maakaapelin kautta. Poltinkahvassa on oma johdin maadoitukselle ja laitteen elektroniikka tunnistaa, jos pilottikaari sytytetään. Tällöin laite rajoittaa kaaren virran minimiin, jottei poltin vaurioidu. Kun poltin viedään leikattavan levyn lähelle pilottikaari sytytettyinä, virta pyrkii kulkeutumaan helpointa reittiä, eli leikkattavan kappaleen kautta. Laite tunnistaa tämän ja avaa pilottikaaren virtapiirin ja lopettaa virranrajoittamisen, ja leikkaus voi alkaa. Pilottikaarella varustetut polttimet soveltuvat paremmin CNC-sovelluksiin paremman syttyvyydensä ansiosta. (Happonen 2010.)

7.5 Plasmaleikkurin valinta

Eniten automatisoidun pöydän leikkausominaisuuksiin vaikuttaa itse plasmaleikkuri. Leikattavan materiaalin maksimipaksuus määräytyy yksinomaan leikkurin tehosta. Koneellisessa leikkauksessa nopeuteen vaikuttaa enemmän ohjausjärjestelmä ja pöydän mekaniikka. Lähes kaikki tarjolla olevat koneelliseen leikkaukseen sopivat leikkurit pystyvät leikkaamaan ohutlevyä (0,5 mm – 2 mm) niin nopeasti, että pöydän mekaniikka ja ohjaus muodustuu monesti pullonkaulaksi.

Lähes kaikkien leikkureiden tuotetiedoissa kerrotaan leikkausvirran huippuarvo sekä hyötysuhde tai paloaikasuhte. Myös monesti ilmoitetaan maksimi leikkauspaksuudet eri materiaaleille, ja voivat olla varsin viitteellisiä. Luotettavin tieto on soittaa maahantuojuille/valmistajalle ja kysyä erikseen.

Päädyin hankkimaan 80 ampeerisen invertteritekniikkaan pohjautuvan leikkurin. Laite hyödyntää eristehilatransistori-teknologiaa. Paloaikasuhte 80 ampeerilla on 60%, joka on kohtuullisen hyvä. Jatkuvassa leikkauksessa leikkurin luvataan pystyvän 65 ampeeriin. Tuotetiedoissa kerrotaan sen pystyvän leikkaamaan maksi-

missaan 30mm terästä, 25mm ruostumatonta terästä ja 20mm alumiinia. Maahan-
tuojan mukaan jatkuvassa leikkauksessa laite pystyy leikkaamaan 20mm terästä,
15mm rst-terästä ja 12mm alumiinia. Arvioin näiden riittävän hyvin konepaja-
olosuhteisiin. Vähimmäispaksuuksia ei ole ilmoitettu. Leikkurissa on myös pilot-
tikaari-ominaisuus, joka palvelee hyvin cnc-sovellusta. Laite on kasattu Saksassa,
osien alkuperämaata ei ole ilmoitettu, mutta oletettavasti kauko-idästä. (JFORCE
2010.)

8 TYÖN TOTEUTUS AIKAJÄRJESTYKSESSÄ

Opinnäytetyö aihe hyväksyttiin ohjaavalla opettajalla, ja suunnittelu aloitettiin välittömästi syyskuussa 2010. Aloitin piirtelemällä millimetripaperille raakoja hahmotelmia, millainen leikkurista tulisi. Hyvin nopeasti alkoi hahmottua päähän visio portaalityyppisestä pöydästä. Samalla tutkin tulevaa ohjausjärjestelmää, ja päädyin jo mainittuun askelmoottoriohjaukseen, joka ottaa pulsseja vastaan smoothstepper-ohjainkortilta. Se tuntui olevan helposti hankittavissa ja helposti asennettavissa eikä vaatinut järjettömiä lisähankintoja.

Lokakuussa aloin mallintamaan päähän kehittyntä visiota pöydästä Solidworks 2010 -mallinnusohjelmalla. Pyrin pitämään pöydän komponentit mahdollisimman yksinkertaisina, jotta leikkurin kustannukset pysyisivät kurissa. Pöytää suunniteltaessa tutkin myös internetistä alaan liittyviä sivustoja, joista löysin muutamia vinkkejä. Monella keskustelupalstalla käskettiin kiinnittämään huomiota mekaanisen rakenteen jäykkyyteen, joka on suoraan suhteessa mittatarkkuuteen. Tästä viisastuneena muutin hieman pöydän rakennetta jäykemmäksi lisäämällä yhden parin kuulaholkkeja portaalikelkkaan. Jälkeenpäin tämä osottautui erittäin tarpeelliseksi.

Marraskuussa hankin kuularuuvit ja niihin kuulamutterit sekä z-liikkeen lineaariyksikön. Myös moottorit, ohjaimet sekä kuulaholkit laitoin tilaukseen. Päätin tilata nämä kaikki ulkomailta, Englannista sekä Ruotsista, koska hinnat olivat huomattavasti edullisemmat vielä rahtien jälkeenkin. Pyrin laittamaan tilauksen mahdollisimman nopeasti, koska tunnetusti ulkomaanlähetykset ovat hitaita. Runگون suunnittelu oli edennyt siihen pisteeseen, että pystyin valmistamaan sen. Sain käyttää ystäväni yrityksen toimitiloja, jossa oli tarvittavat välineet teräsrunгон valmistukseen. Työ onnistui suunnitelmien mukaisesti, ja lopuksi maalasin runгон sinisellä työkonemaalilla (KUVIO 16).



KUVIO 16. Runko hitsattuna kasaan ja maalattuna.

Joulukuussa vastaanotin tilaamani tavarat ja keskityin suunnittelemaan ohjausjärjestelmää. Tilasin Break-Out -Boardin Floridasta, jossa sattui olemaan ainoa yritys joka valmistaa niitä.

Tammikuussa 2011 vein valmistamani rungon koulun laboratoriotiloihin, jossa pääsin asentamaan tilaamani komponentit siihen kiinni. Sain myös luvan käyttää koulun työstökoneita asennuksessa. Siitä olikin suurta apua, sillä heti ensimmäiseksi täytyi koneistaa laakeripukkeihin reijät sekä kierteet, jotta kiinnitys olisi tukeva (KUVIO 17). Kun sain laakeriputki valmiiksi, hahmottelin kuularuuvien asennuspaikkaa (KUVIO 18).



KUVIO 17. Kierteiden tekoa laakeripukkeihin.



KUVIO 18. Kuularuuvien paikan hahmotusta.

Helmikuussa sain viimein kaikki tilaamani tavarat maailmalta ja pääsin kasamaan ohjauskeskusta. Sähkökomponentit hankin Suomesta eri vähittäiskaupoista. Hankin 80x40mm alumiiniprofiilia Y-liikkeen tueksi, jonka paikan hahmottelua näkyy kuviossa 19. Profiiliin on myös asennettu kuularuuvi laakeripukkeineen. Samassa kuviossa näkyy myös pyöröjohteet asennettuna runkoon sekä lattateräket paikallaan.



KUVIO 19. Komponentit hakevat paikkaansa.

Maaliskuussa sain jokaisen liikesuunnan asennettua, mutta moottorit puuttuivat vielä. Seuraavaksi piti valmistaa 5x70 mm:n lattateräksestä moottorikiinnikkeet. Koska kaikki kolme askelmoottoria oli valittu samasta NEMA 23 –sarjasta, niillä on samankokoinen kiinnitysalusta. Jyrsinkoneella tein kolme samanlaista kiinnikettä (KUVIO 20), joista muokkasin jokaiselle moottorille sopivan kiinnikkeen koska moottorin asennustapa oli jokaisessa ruuvikäytössä erilainen. Asensin sähkökomponentit ohjauskeskukseen sekä keskuksen kanteen asensin tuulettimen sekä raitisilmaventtiilin, jossa ilmansuodatin. Tietokoneeseen, joka ohjauskeskukseen liitetään, asensin uudestaan käyttöjärjestelmän sekä kaikki tarvittavat ajurit sekä ohjelmat. Smoothstepper-kortin ajurit sekä ohjausohjelma Mach 3 asentuivat ilman ongelmia koneeseen.



KUVIO 20. Moottorikiinnike.

Huhtikuussa leikkauspöytä sekä ohjauskeskus alkoivat olla kunnossa, ja sillä voitiin suorittaa testiajoja. Koulun laboratoriotiloissa oli tulityöt kielletty, joten testasin pöytää ilman plasmapoltinta. Aluksi testasin pöytää ilman hihnoja sekä y-suunnan akselilytkintä, jottei pöytä ajelisi mihin sattuu kesken säätöjen. Ensimmäiseksi Mach 3 ohjelmasta piti säätää moottorin nopeudet sekä kiihtyvyydet. Kun säädöt olivat mielestäni hyvät, kiinnitin hihnavedot sekä akselilytkimen, jotta pääsen pyörittämään ruuvikäyttöjä. Kaikki suunnat liikkuvat nätisti, ja säädin ainoastaan x-liikkeen moottorin kiihtyvyyssarvoja pienemmiksi. Kuviossa 21 pöytä on testikunnossa. Viimeisenä koulun laboratoriotiloissa suoritin moottorien kalibroinnin, jolla tarkistin liikkeiden mittatarkkuuden (KUVIO 22). Kiinnitin pöytään mittakellon ja nollasin sen, ohjelmasta valitsin halutun liikesuunnan ajamaan tietyn matkan, esimerkiksi 5mm. Sitten tarkastin mittakellosta, kuinka paljon liikettä oikeasti oli. Syötin saadun mittaustuloksen ohjelmaan, ja se automaattisesti kalibroi moottorin. Tämän toimenpiteen suoritin jokaiselle liikesuunnalle. Mittakellon mukaan päästiin millimetrin sadasosien tarkkuuteen.

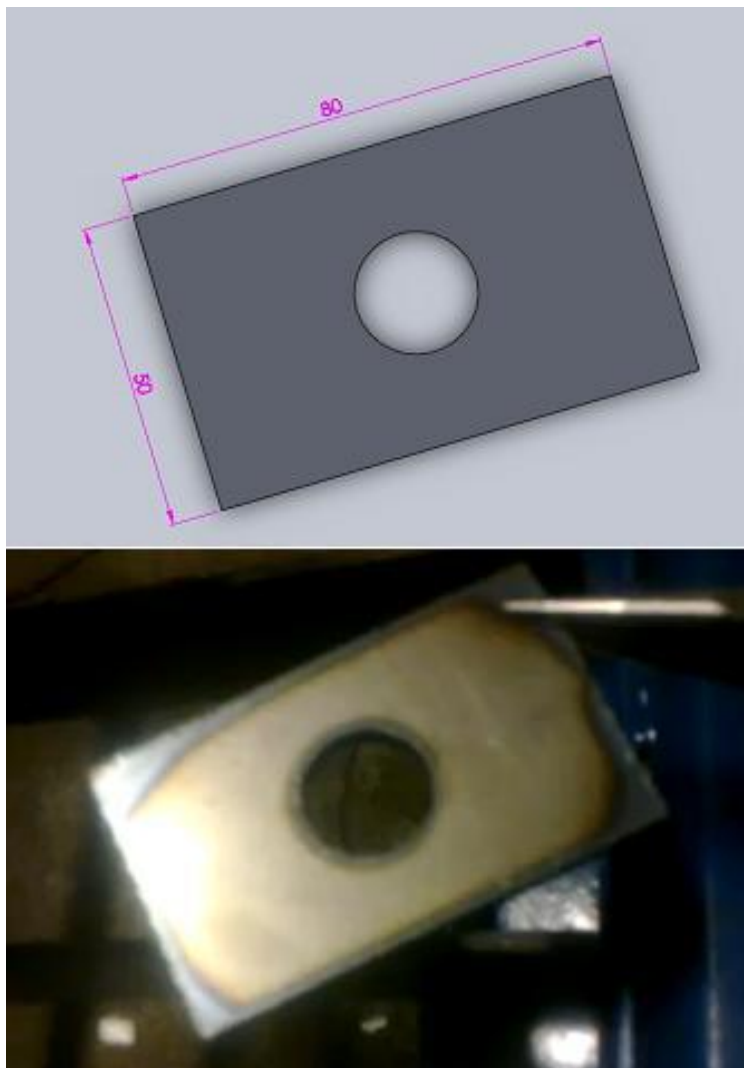


KUVIO 21. Pöytä testauskunnossa.



KUVIO 22. X-liikesuunnan kalibrointi.

Varsinaisen testauksen ajaksi jouduin siirtämään pöydän pois koulun tiloista väliaikaisesti toimitiloihin, jossa pääsin testaamaan pöytää plasmaleikkurin kanssa. Kiinnitin plasmapolttimen z-liikkeeseen kiinni ja latusin ohjausohjelmaan itse mallintamani testikuvan. Muutaman säädön jälkeen pöytä liikkui halutunlaisesti. Säädin leikkausvirran plasmaleikkurista sopivaksi 3 mm vahvuiselle teräslevylle ja käynnistin leikkauksen tietokoneelta. Kuviossa 23 ilmenee vertailun vuoksi Solidworksilla mallinnettu kappale ja sen perusteella tehty polttoleike sen alapuolella. Mittasin vielä polttoleikkeen mitat, ja ne täsmäsivät Solidworks-malliin.



KUVIO 23. Yläpuolella mallinnettu kappale ja alapuolelle polttoleike.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva laite, joka vastasi ominaisuuksiltaan tavoitteita. Henkilökohtaiset tavoitteet eli asiakokonaisuuksien hallinta ja suunnitteluprosessin onnistuminen täyttyivät mielestäni hyvin. Olen tyytyväinen saavuttamaani tulokseen ja siitä, että saavutin asetetut tavoitteet. Itse työn valmiusasteesta on mahdoton sanoa tarkkaa lukua, sillä tämänkaltaiset laitteet eivät koskaan ole valmiita. Toimivasta kokonaisuudesta on helppo lähteä tuotteistamaan ja jatkokehittämään laitetta.

Suunnitteluprosessin eteneminen ei ollut itsestään selvyys, sillä tämän työn aihe on varsin laaja ja vaatii moneen asiaan perehtymistä sekä eri asioiden yhteen sovittamista. Selkeä päämäärä ja järjestelmällinen eteneminen auttoivat työn tekemisessä, sillä tarvittaessa pystyi palaamaan askeleen taaksepäin suunnitelmien muuttuessa. Yksi haastavimmista jutuista oli työn alkuvaiheissa etsiä sopivat komponentit laitteeseen, eli valita niin sanotusti polku mitä kulkea. Ensimmäiset konkreettiset valinnat määräävät pitkälti suunnan, mihin mennä. Se oli ennen kaikkea henkinen taisto ja siinä mitattiin kykyä luottaa itseensä. Tämän työn myötä luotto itseeni suunnittelijana kasvoi, josta olen tyytyväinen.

Jatkossa laitetta on tarkoitus kehittää kaupalliseen tarkoitukseen: vähentää koneistettavia osia sekä optimoida käyttöliittymä juuri tälle laitteelle sopivaksi. Myös leikattavan kuvion tuottamista on syytä kehittää yksinkertaisemmaksi. Tällä saadaan laitteen käyttäjäkuntaa laajennettua myös henkilöihin, jotka vähemmän käyttävät tietotekniikkaa. Prosessi sinällään on yksinkertainen ja helposti ymmärrettävä, mutta monimutkaiset ohjelmat ja suunnaton määrä lisäominaisuuksia sekoittaa kokeneemmankin käyttäjän. Leikkauslaadun ja plasmapolttien suuttimien säästämiseksi tulee laitteeseen kehittää myös automatisoitu polttimen korkeuden säätäjä, joka pitää plasmapolttimen etäisyyden leikattavasta levystä vakiona. Näillä ominaisuuksilla olisi kasassa jo varsin kilpailukykyinen laite.

LÄHTEET

Siirilä, T. & Kerttula, T. 2009. Koneturvallisuuden perusteet. Toinen uusittu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2007. Valmitustekniikka. 12. uusittu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Renault, T. 2007. The life and times of plasma cutting [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: <http://www.thefabricator.com/article/plasmacutting/the-life-and-times-of-plasma-cutting>

Warp9 Tech Design. 2008. Smoothstepper users manual. [viitattu 11.3.2011] Saatavissa: <http://warp9td.com/documentation/SmoothStepperUserManualV1.0.pdf>

Puuinfo. 2009. Puulevyt. [Viitattu 19.3.2011] Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/puulevyt>

Huhtama, K. 2011. Muuntaja- ja tasasuuntaus kytkennät. Saatavissa: <http://koti.mbnet.fi/huhtama/ele/index.php?si=ml11.sis&pa=>

Solarbotics Ltd. 2001. Stepper motor basics. Saatavissa: <http://www.solarbotics.net/library/pdflib/pdf/motorbas.pdf>

Nook industries. 2011. Ball Calculators. Saatavissa: <http://www.nookindustries.com/ball/BallCalculators.cfm>

JFORCE Oy. 2010. Plasmaleikkurin käyttöohje. Käyttöohje.

Happonen, J. 2010. Plasmaleikkauksen asiantuntija. Haastattelu 9.10.2010.

LIITTEET

LIITE 1	Riskianalyysi Analysointiohje	(2)
LIITE 2	Anturienkytkentä	(1)
LIITE 3	askelmootoreiden datalehdet	(2)
LIITE 4	Moottoriohjaimen datalehti	(1)
LIITE 5	Rungon työpiirustus	(1)

Analyysin pvm: 26.3.2011 Liite Luonnos Sivu 1(1)
KONEEN RISKIANALYYSI Kohde: CNC-Plasmaleikkuri Työ: Opinnäytetyö Laajat: Jarmo Martikainen(koneenvalmistaja), Joumi Happonen (käyttöönottovalvoja), Antti Pihlgren(tarkastaja), Jaakko Tuukkanen(tarkastaja)

Nr	Vaara	Vaaran syy	Esiintyvyys	Seuraukset	riski	Parannustoimenpiteet
1	tulipalon syttyminen	plasmaan kipinät	2	12.	24	sijoittaminen turvalliseen paikkaan
2	Sähköiskun saaminen	plasmaan virrat	0,1	70	7	Hyvä maadoitus sekä ohjeistus
3	Palovamma	kuuma metallileike	2	10	20	ohjeistus
4	Altistus uv-säteilylle	plasmakaan	4	5	20	oma suojaus + etäisyyden kasvatus
5	raajojen joutuminen kuulaneuvien väliin	liikkuvat osat	0,5	20	10	kotelointi + liikenopeuden hidastaminen
6	läällinen äänenvoimakkuus	paineilma-työkoneet	2	5	10	kuulosuojaimet
7	laitteen kaatuminen käyttäjän päälle	kaatuminen	0.1	50	5	pulttaminen maahan
8	johtojen juuttuminen/kaatuminen	kompastuminen	1	1	1	huomiomerkitä
9	leikkavan levyn tippuminen	otteen lipeäminen	1	5	5	huolellisuus
10	Paineilmaletkujen irtaaminen/hajoaminen	sinkoileva letku/kovaaäni	1	5	5	huoltotarkastukset

KONEEN RISKIN ANALYSOINTI

- **Riskianalyysimalleja on käytössä useita**
- Esim. VTT -malli huomioi myös taloudelliset kustannukset.
- Arviointiryhmä voi määrätä sallitut raja-arvot katselmukselle
- **Periaate:**
- 1.) Määritetään riskikerroin
- 2.) Mikäli raja-arvo ylittyy, tehdään muutoksia
- 3.) Muutoksien jälkeen määritetään jäännösriski

Riski = pahin tapaus x todennäköisyys

Mahdolliset pahimmat seuraukset	Arvo
Naarmuja ja mustelmia	1
Haava ja huono olo	5
Pienen luun murtuma ja parantuva sairaus	20
Suuren luun murtuma ja vaikea parantuva sairaus ja pieni vamma (pala sormesta pois tai nivelvika)	30
Raajan, silmän tai kuulon menetys ja useamman sormen menetys	40
Kahden raajan menetys ja sokeutuminen	50
Kuolema ja hyvin vakava vamma (aivovaurio tai kooma)	100

Vaaran toteutumisen todennäköisyys	Arvo
Melkein mahdoton- mahdollinen vain poikkeuksell. tilanteissa	0,1
Hyvin epätodennäköinen- voisi toteutua	1
Epätodennäköinen- mutta mahdollinen	2
Mahdollinen, mutta epätavallinen	3
Voi sattua- todennäköisyys 50 - 50	4
Todennäköinen- ei yllättävää	5
Ilmeinen- tapahtuminen on odotettavissa	6
Varmu- tapahtumatta jääminen olisi yllättävää	7



KONEEN RISKIN ANALYSOINTI

- Vähäinen ja siedettävä ovat "**sallittuja arvoja**"
- Kohtalainen, merkittävä ja sietämätön ovat "**kiellettyjä arvoja**"
 - Yleensä tilanne tarkistetaan aina tapauskohtaisesti
- Huomaa, että jäännösriskiä määritettäessä vamman vakavuusaste ei muutu
 - Sama tapaturma voi tapahtua edelleen
 - Idea on, että riskin todennäköisyyttä voidaan pienentää
 - Jatketaan sykliä niin kauan, että sallittu raja-arvo saavutetaan

Riskin analysointi		
Minimi	Maksimi	Määritelmä
0,1	4,9	Vähäinen
5	29	Siedettävä
30	99	Kohtalainen
100	209	Merkittävä
210	300	Sietämätön



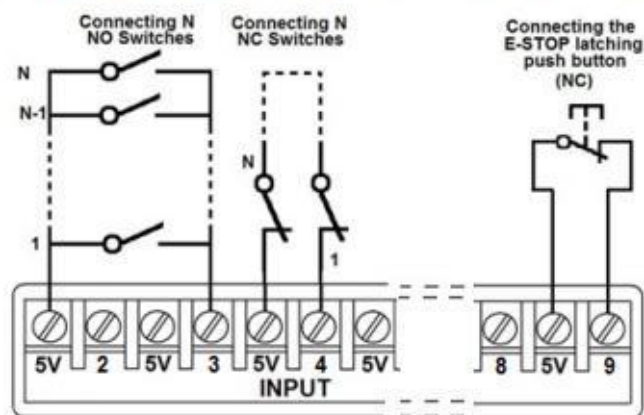
C25 (Rev. 1.1) User Manual



5. Wiring diagrams

Different kind of sensors and switches can be connected to inputs board, but this board support only TTL signal. If you need to connect devices that generates 12V or 24V signals in some cases is necessary add external resistors.

5.1 Connecting Switches or push button (Only for pins 2-9, port 2).



5.2 Connecting Switches or push button (Pins 11, 12, 13 and 15, Ports 1 and 2).

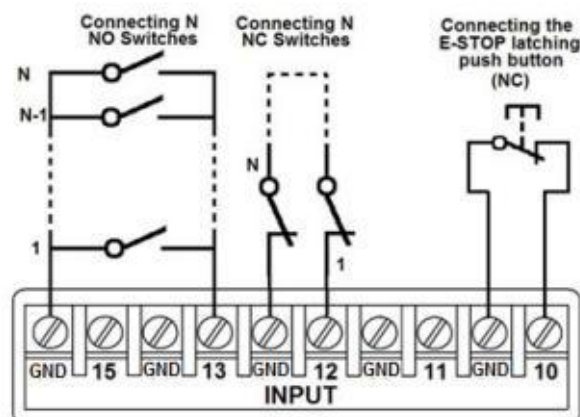


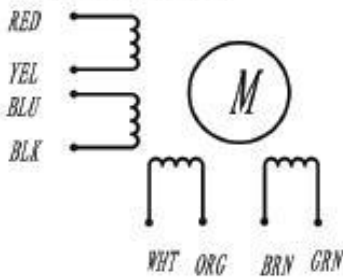
Fig. 3 Wiring diagram to connect switches.

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

General specifications	
Step Angle (°)	1.8
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)
Ambient Temperature (°C)	-20 ~ +50
Number of Phase	2
Insulation Resistance (MΩ)	100 Min (500VDC)
Insulation Class	Class B
Max.radial force (N)	75 (20mm from the Flange)
Max.axial force (N)	15

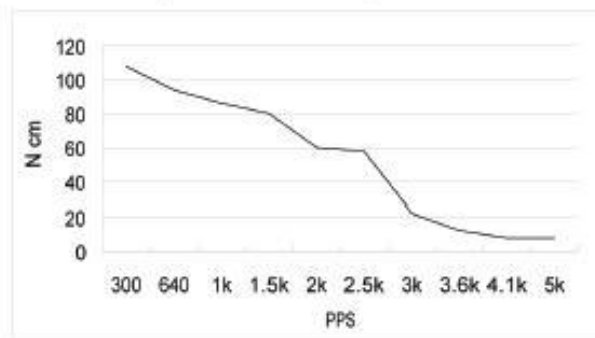
PHASE	STEP ANGLE	CONNECTION STYLE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	WEIGHT
	DEG/STEP		A	ohm	mH	N.cm	gcm ²	kg
4	1.8°	Parallel	1.8	0.9	2.5	1.24	300	0.7
		Series	1.4	3.6	10			
		Unipolar	2.0	1.8	2.5	0.88		

● Wiring Diagram :



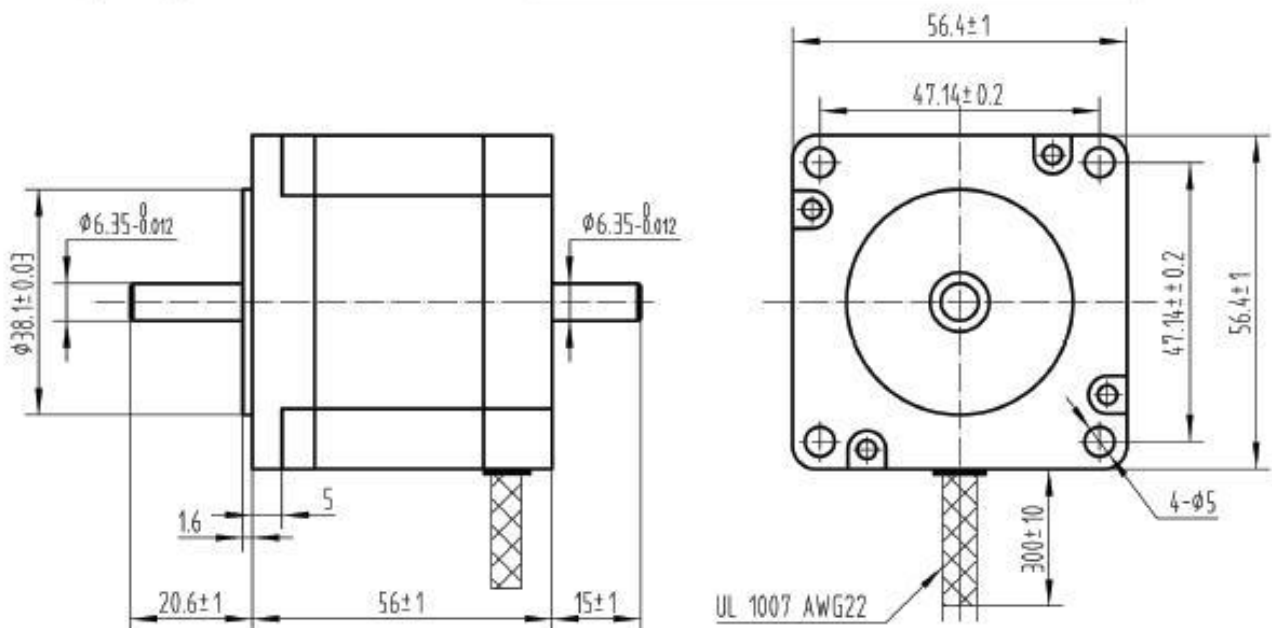
● Pull out torque curve :

VOLTAGE: 30VDC, CONSTANT CURRENT:1.4A, HALF STEP(Series)



● Dimensions:

(unit:mm)



REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE
DRAW	王凱	2009.01.22		
CHECK				
APPROVE				

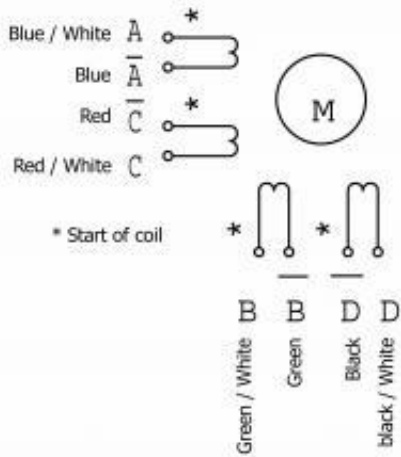
SY57STH56-2008B



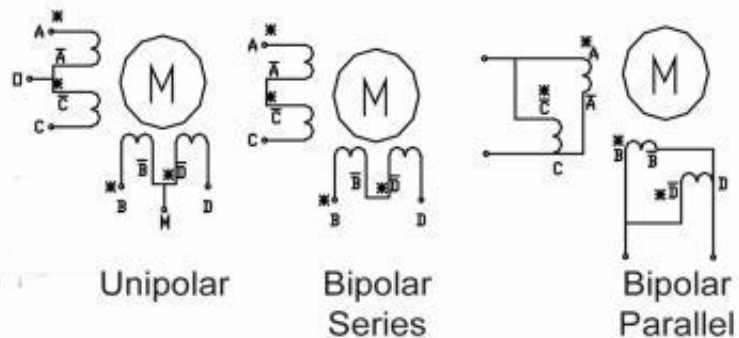
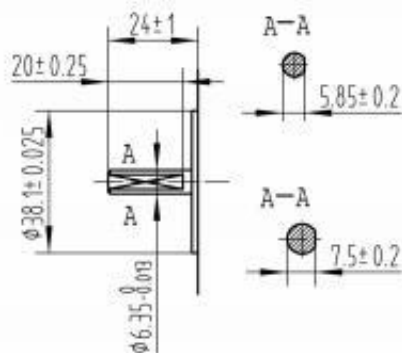
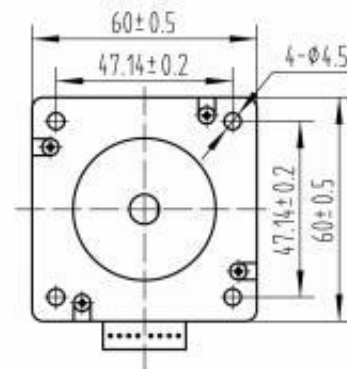
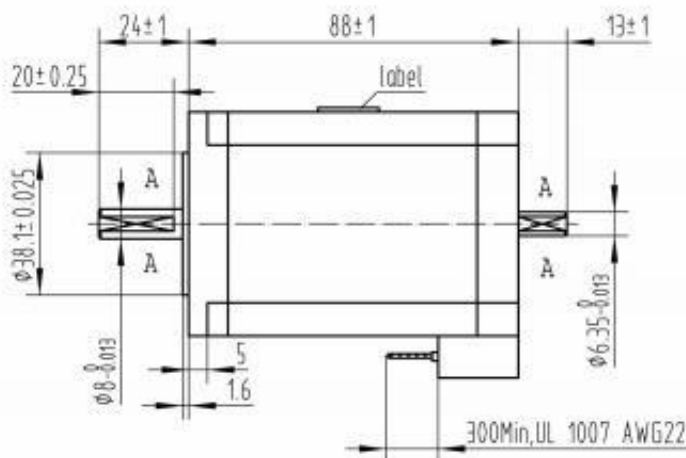
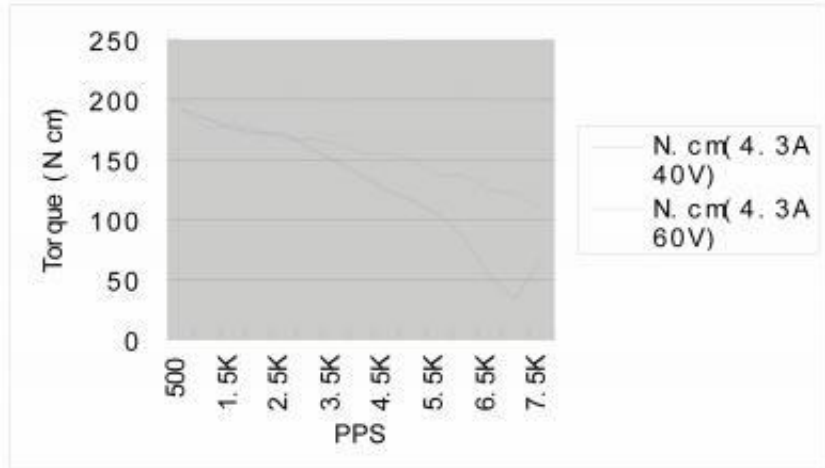
Unit 1 Sovereign Business Park,
Willis Way,
Poole,
Dorset,
United Kingdom
BH15 3TB
www.zappautomation.com
enquiries@zappautomation.com

Part No	Connection Type	Phase	Degree	Voltage V	Current A	Resistance Ohm	Inductance mH	Winding Torque Nm	Rotor Inertia g.cm ²	Weight g
SY60STH88-3008BF	Unipolar	4	1.8	3.9	3	1.3	3.2	2.15	840	1.4
	Bipolar(S)	2		5.46	2.1	2.6	12.8	3		
	Bipolar(P)	2		2.73	4.2	0.65	3.2	3		

Colour Codes:



Torque Curves



REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE

SY60STH88-3008BF



Zapp automation Ltd
 Unit 1 Sovereign Business Park,
 Willis Way,
 Poole,
 Dorset,
 BH15 3TB
 www.zappautomation.com



Microstepping Driver

PM542 Datasheet



Features

- Patented technology
- Low cost , good high-speed torque
- Supply voltage up to +50VDC, current output up to 4.2A peak
- Optically isolated input signals, pulse frequency up to 400 KHz
- Automatic idle-current reduction
- 3-state current control for less motor heating
- 15 selectable resolutions in decimal and binary
- Suitable for 4,6,8 lead motors
- Stepping on upward or downward pulse edge (selectable)
- DIP switch current setting with 8 different value
- CW/CCW mode available (optional)
- Over-voltage and short-circuit protection
- Small size (118x75.5x33mm)

Introduction

PM542 is a low cost high performance microstepping driver that is suitable for driving any 2-phase and 4-phase hybrid step motors. By using advanced bipolar constant current chopping technique, it can output more speed and power from the same motor, compared with traditional technologies such as L/R drivers. Its 3-state current control technology allows coil currents to be well controlled, with relatively small current ripple and therefore less motor heating.

Applications

Suitable for a wide range of stepping motors of Nema 17, 23 and 34, and usable for various kinds of machines, such as X-Y tables, labeling machines, laser cutters, engraving machines, and pick-place devices. Particularly useful in applications with low vibration, high speed and high precision are desired.

Electrical and Mechanical Specifications

Electric Specifications (Tj = 25°C)

Parameters	PM542			Unit
	Min.	Typical	Max.	
Output Current	0.54	-	4.2(RMS 3A)	Amps
Supply voltage (DC)	20	36	50	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	400	KHz

Zapp Automation Ltd

Unit 1 Sovereign Business Park • Willis Way • Poole • Dorset • BH15 3TB • United Kingdom

Tel: 0845 1161538 • Fax 01202 676430

Email: enquiries@zappautomation.com

Web: www.zappautomation.com

