

Joni Annala

CNC-PLASMALEIKKURIN MODERNISAATIO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2012

## CNC-PLASMALEIKKURIN MODERNISAATIO

Annala, Joni  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2012  
Ohjaaja: Suvela, Timo  
Sivumäärä: 22  
Liitteitä:

Asiasanat: servotekniikka, ohjausjärjestelmät, tehoelektroniikka, ohjelmoitavat logiikat

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli vanhan CNC-puujyrsimen ohjausjärjestelmän modernisointi ja sen yhteydessä koneen muuttaminen CNC-plasmaleikkuriksi. Työssä valittiin uusi konetta ohjaava liikeohjain ja suunniteltiin siihen liittyvät sähköpiirustukset. Työn alussa selvitettiin vanhojen komponenttien käyttömahdollisuudet, koska asiakas oli koneen oston yhteydessä saanut varaosina vanhoja komponentteja. Vanhat komponentit todettiin käyttökelpoisiksi ja uuden liikeohjaimen valinta tehtiin niin, että se on yhteensopiva vanhojen komponenttien kanssa.

Työssä tutkittiin CNC-puujyrsimen olemassa olevia sekä uusia komponentteja ja niiden ominaisuuksia kirjallisuuden avulla. Käytetyt komponentit esiteltiin sekä havainnollistettiin valokuvien avulla opinnäytetyössä. Työn loppuosassa tarkasteltiin ohjausjärjestelmiin liittyvää koneturvallisuutta.

Työn tuloksena valmistuivat sähköpiirustukset, joiden avulla asennukset on aloitettu ja voidaan siirtyä kohti laitteen testausta. Testausten jälkeen voidaan siirtyä ohjelmointiin ja käyttöönottoon.

## MODERNIZATION OF A CNC PLASMA CUTTING MACHINE

Annala, Joni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

Month 2012

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 22

Appendices:

Keywords: servo technique, control system, power electronics, programmable controller

---

The purpose of this thesis was to modernize the control system of an old CNC wood milling machine and convert the machine into a CNC plasma cutting machine. In this work a new motion controller was selected and electrical drawings were created related to it. At the beginning of this work, the first task was to find out if any of the old components were useable because the commissioner had received spare parts when he purchased the machine. The old components were shown useable and compatible with the new motion controller.

In this thesis the old and new components of CNC wood milling machine and their features were studied through literature. Components used in this project were also demonstrated and visualized with pictures. In the final part of this thesis machine safety and control systems were analyzed.

As a result of this thesis electrical plans were created and electrical installations have begun. After testing electrical installations, programming and commissioning can be started.

# SISÄLLYS

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 1 JOHDANTO.....                         | 6  |
| 2 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS.....        | 7  |
| 2.1 Ohjauksen muut vaatimukset.....     | 8  |
| 3 MODERNISOITAVA KOHDE.....             | 8  |
| 4 ANTURIT .....                         | 10 |
| 4.1 Pulssianturit .....                 | 10 |
| 4.2 Takogeneraattori .....              | 12 |
| 4.2.1 Tasasähkötakogeneraattori.....    | 12 |
| 4.2.2 Vaihtosähkötakogeneraattori.....  | 13 |
| 5 SERVOJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT .....   | 13 |
| 5.1 Servovahvistin .....                | 14 |
| 5.2 Servomoottori .....                 | 17 |
| 6 LIIKEOHJAIN .....                     | 17 |
| 7 OHJAUSJÄRJESTELMIEN TURVALLISUUS..... | 18 |
| 8 YHTEENVETO .....                      | 20 |
| LÄHTEET .....                           | 22 |
| LIITTEET                                |    |

## SYMBOLIT JA LYHENTEET

|         |                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------|
| CNC     | Tietokoneistettu numeerinen ohjaus (Computerized Numerical Control)  |
| CAD     | Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)              |
| CAM     | Tietokoneavusteinen valmistus (Computer Aided manufacturing)         |
| G-koodi | CNC-koneiden ohjaukseen käytetty komentokieli                        |
| PID     | Suhde-integrointi-derivointi-säädin (Proportional-Integral-Derivate) |
| PWM     | Pulssinleveysmodulaatio (Pulse-Width Modulation)                     |

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella vanhan CNC-puujyrsimen ohjausjärjestelmän modernisointi tulevaa CNC-plasmaleikkaus käyttöä varten. Vanhaa puujyrsintä on ohjattu ajamalla g-koodilla kirjoitettuja ohjelmia 3½-levykkeiltä. Tämä tapa ei kuitenkaan vastaa tämän päivän tarpeita ja ohjausjärjestelmä päivitetään PC-pohjaiseksi, jolloin plasmaleikkaus CAD-piirustuksista tehdyillä g-koodi ohjelmilla onnistuu helpommin.

Opinnäytetyön aiheen saadessani totesin sen sopivan haasteelliseksi ja mielenkiintoiseksi sekä tulevaisuuden kannalta hyödylliseksi. Nämä seikat vaikuttivat erityisesti aihe valintaan. Ohjausjärjestelmän modernisointia voidaan aina pitää ajankohtaisena tekniikan kehittyessä helpommin käytettäväksi ja turvallisemmaksi. Työn merkityksen teettäjälle on merkittävä, koska koneen valmistuessa heillä on mahdollisuus työstää myös erikoismuotoisia metallikappaleita mittojen mukaan.

Ammattitaidon kehityksen kannalta katsottuna automaatio- ja sähkötekniikkaan yhdistyvät erinomaisesti modernisointityössä, jossa uusi ohjausjärjestelmä sovitetaan yhteen vanhojen tehokomponenttien kanssa. Koneiden mekaaninen rakenne ei yleisesti ottaen vanhene niin nopeasti, kuin ohjausjärjestelmän komponentit. Taloudellisesti ajatellen ratkaisu on erittäin hyvä, koska koneen rakentamiseen tarvittavat koneistettavat osat, moottorit, anturit ja muut komponentit ovat kalliita.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi olemassa olevat CNC-puujyrsimen sähköiset osat, jotka liitetään uuteen liikeohjaimeen. Koneturvallisuutta pohditaan erikseen sille varatussa osassa.

## 2 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS

Työn tavoitteena oli suunnitella vanhan CNC-puujyrsimen modernisointi CNC-plasmaleikkuriksi Pelti-Leino Ky:lle liikeohjaimen valinnan ja sähköpiirustusten osalta. Pelti-Leino Ky on kolmen veljeksen pitämä rakennusalan yritys, joka tarjoaa peltitöihin liittyviä palveluita. Palvelut koostuvat erilaisia rakennuspeltitöistä, teollisuuspeltitöistä, ilmastointitöistä, kouruista, mittatilaustöistä, valmistuksesta ja korjauksesta. Yritys sijaitsee Harjavallan teollisuuspuistossa Teollisuuskatu 28:ssa. Yrityksen yhteyshenkilönä toimii Olli Leino.

Suunnittelun tavoitteena oli valita konetta ohjaavat komponentit ja piirtää niihin liittyvät sähkökuvat sekä ottaa kantaa koneen turvallisuuteen. Tämän työn tavoitteena ei ole saada CNC-plasmaleikkurista täydellisesti toimivaa vaan toimia osakokonaisuutena projektissa, jossa koneesta tehdään toimiva. Valitessani sähköisiä komponentteja olen pyrkinyt konsultoimaan komponenttitoimittajia sekä koulumme henkilökuntaa varmistaakseni komponenttien yhteensopivuuden. Yhteensopivuutta tarkasteltiin myös vanhojen datalehtien avulla, joista oli suuri apu ohjaavaa komponenttia valitessa.

Ohjaavan komponentin valinnassa rajoituksia tuotti se, että se piti liittää vanhoihin jo olemassa oleviin tehokomponentteihin eli servovahvistimiin. Tarkoituksena oli käyttää myös muita jo olemassa olevia komponentteja mm. pulssiantureita ja takogeneraattoreita, koska nämä olivat täysin käyttökelpoisia ja tämän päivän tarpeita vastaavia.

CNC-plasmaleikkurin käyttömahdollisuudet ovat varsin monipuoliset. Sillä voidaan osittain korvata erilaisia konepajan laitteita, kuten porakone, mekaaninen levyleikkuri, metallisaha, hydraulispistin ja polttoleikkauskone. Metallin taivuttaminen ei onnistu CNC-plasmaleikkurilla. Näillä perusteilla CNC-plasmaleikkausta voidaan pitää varsin monipuolisen menetelmänä.

Henkilökohtaisina tavoitteina tässä työssä oli suurien asiakokonaisuuksien hallinta ja suunnittelussa onnistuminen. Muina tavoitteina tässä työssä oli CAD-suunnitteluohjelmiston hallinnan ja piirikaaviosuunnittelutaitojen parantaminen työelämää silmällä pitäen.

## 2.1 Ohjauksen muut vaatimukset

Liikeohjaimen haluttiin tuoda CAD-piirustuksista tehtyjä työstörottoja. Työstörotat tehdään CAD/CAM-sovelluksen avulla, joka tekee CAD-piirustuksista työstörottojen mukaista g-koodia tai muuta työstökoneissa käytettävää koodia. Liikeohjaimen tuli ymmärtää työstökoodia, mielellään g-koodia, koska se on eniten käytetty työstökoodi.

Vaatimuksena oli myös digitaalitentulojen ja digitaalistenlähtöjen siirtäminen vanhasta ohjaimesta uuteen ohjaimen. Digitaalitentulojen määrä pysyi lähes ennallaan, mutta digitaalilähtöjen määrä on modernisoinnin jälkeen huomattavasti pienempi. Digitaalilähtöjen määrän vähenemisen selittää jysinterien ja poranterien poistaminen, joita jokaista on ohjattu omalla lähdöllään. Näillä oletuksilla päädyttiin 16-tuloon ja 8-lähtöön, joista riittää varaa myös mahdollisiin tuleviin lisäyksiin.

Vanhoja käyttöön otettavia servovahvistimia ohjataan +/- 10V jännitesignaalilla, joten liikeohjaimen tulisi tuottaa +/- 10V jännitesignaalia. Liikeohjaimen valittiin 4-kanavainen analogialähtökortti. Pulssianturit liitetään liikeohjaimen omille pulssianturikortteilleen.

## 3 MODERNISOITAVA KOHDE



Tämän opinnäytetyön kohteena on vanhan CNC-puujyrsin mallia Biesse Rover 36 ohjausjärjestelmä. Se on italialaisvalmisteinen kone ja sitä on käytetty erilaisten puulevyjen työstämiseen, kuten keittiökalusteiden ovien sahaukseen, poraukseen ja jyrsimiseen. Kone on valmistettu vuonna 1990, mutta iästään huolimatta sen mekaaniset komponentit ovat lähes uuden veroisia. Koneen ikääntyessä ongelmana ei yleensä olekaan mekaniikka vaan sitä ohjaava ohjausjärjestelmä. Koneessa oleva vanha CNC-ohjain (Kuva 1) ei vastaa tämän päivän tarpeita, koska ohjaimeen tuotavat työstöohjelmat tuodaan siihen 3½ tuuman levykkeillä.



Kuva 1 Vanha CNC-ohjain.

CNC-puujyrsimen rungossa on kolme akselia x, y ja z. Niiden maksimi liikeradat ovat x-akselin noin 4 metriä, y-akselin noin 1 metri ja z-akselin noin 20 senttimetriä. Koneen työstöosaan on kiinnitetty 38kpl erilaisia jyrsinteriä ja poranteriä. Puunjyrsintä ei kuitenkaan ole peltitöitä tarjoavalle yritykselle tarpeellinen ominaisuus, joten koneen käyttötarkoitusta muutetaan metallin leikkaukseen sopivaksi purkamalla puuntyöstöterät pois ja kiinnittämällä tilalle plasmasuutin.

Edellisen luvun vaatimuksista katsottuna lähdettiin CNC-puujyrsimeen valitsemaan uutta liikeohjainta. Liikeohjaimella haluttiin ajaa CAD-kuvien pohjalta tehtyjä työstöratoja, joten ohjaimen tuli ymmärtää NC-koodia. Liikeohjaimen valintaa tehdessä käytiin läpi muutamia valmistajia, kuten Siemens, Mitsubishi ja Beckhoff. Siemens tunnetaan hintavana valmistajana ja Mitsubishista en omannut kokemusta, joten lähetin tarjouskyselyn Beckhoffille ohjaavanopettajani suosittelemalle yhteyshenkilölle. Tarjous tyydytti osapuolia kaikinpuolin.

Sähköiset muutokset toteutetaan kytkemällä vanhat servovahvistimet uuteen liikeohjaimen. Muita vanhoja komponentteja, kuten kontaktoreja, lämpöreleitä, riviliittimiä ja antureita tullaan hyödyntämään mahdollisimman paljon. Myös vanha sähkökeskus hyödynnetään, koska purkamalla vanha CNC-ohjain sinne jää tilaa uudelle liikeohjaimelle.

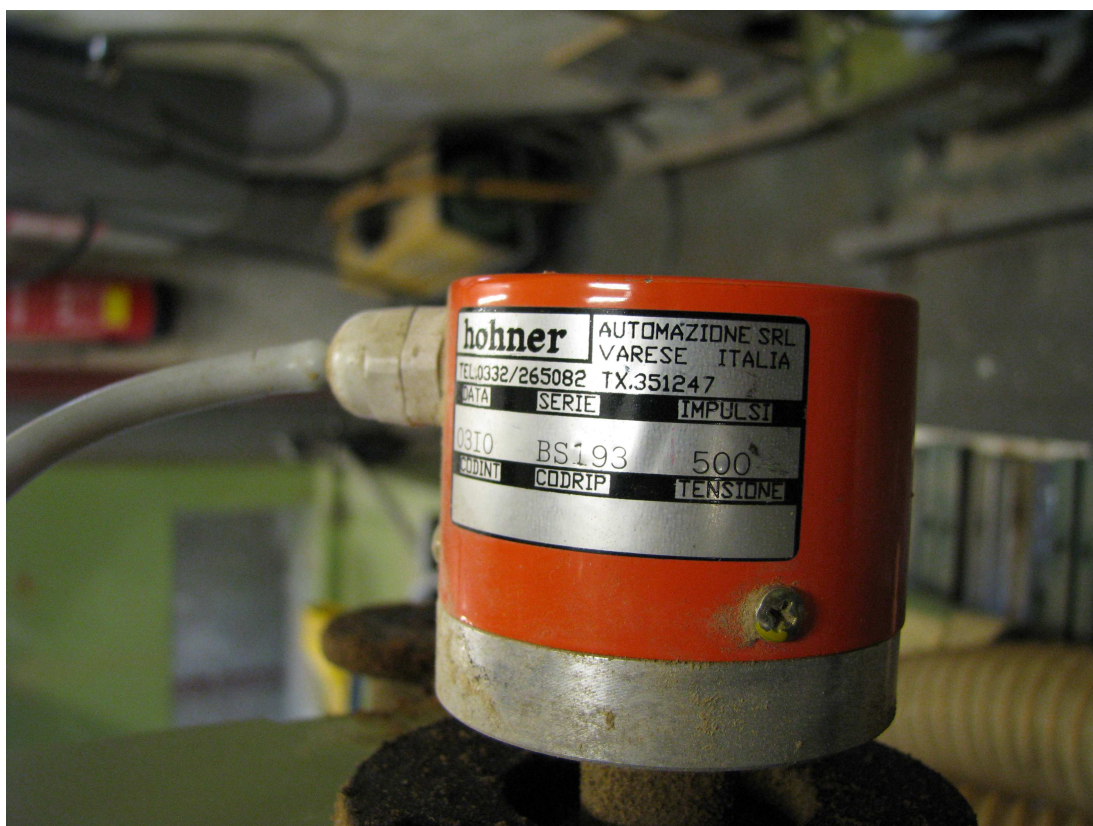
## 4 ANTURIT

Anturilla tarkoitetaan laitetta, joka muuntaa mitattavan suureen siihen verrannolliseksi sähköiseksi viestiksi. Anturit näyttelevät keskeistä osaa automaatiossa. Pienimuotoisessa koneautomaatiossa tavalliset anturit ovat kaksitilaisia läsnäolon havaitsijoita tai rajakytkimiä, pyörimisnopeusantureita ja pulssiaantureita. (Fonselius, Laitinen, Pekkola, Sampo & Välimaa 1990, 6.) Seuraavissa kappaleissa esittelen CNC-puujyrsimen antureita ja niiden toimintaa teorian avulla.

### 4.1 Pulssianturit

Monissa automaatiosovelluksissa tarvitaan jatkuvaa tietoa asemasta ohjauslaitteelle. Kaksitilaisen anturin antama tieto ei ole riittävä esittämään asemaa. Jatkovaa mittaus-ta käytetään muun muassa teollisuusroboteissa, työstökoneissa ja asemointiyksiköissä. Suoraviivaisen liikkeen mittaamiseksi voidaan käyttää pyörivää pulssianturia. (Fonselius ym. 1990, 102–103.)

Pyörivä pulssianturi sisältää kiekon, jossa on määrävälein valoa läpäiseviä ja valoa läpäisemättömiä sektoreita. Kiekko sijoitetaan valonlähteen ja valokennon väliin. Sektoreiden lukumäärästä riippuen anturin kiertymää voidaan mitata eri tarkkuudella. Tyypillinen pulssimäärä on 100...2500 pulssia/kiertos. (Fonselius ym. 1990, 102-103.) Työssä olevassa laitteistossa on anturit, jotka antavat 500 pulssia/kiertos (Kuva2). On olemassa antureita joiden pulssimäärä on jopa 36000 pulssia/kiertos. (Fonselius ym. 1990, 102-103).



Kuva 2. Pulssianturi tyyppiä Hohner BS193

Yksikanavaisella pulssiantureilla ei voi tunnistaa liikesuuntaa. Pulssianturi, jossa käytetään kaksisektorikiekkoa tai kahta rinnakkaista valokennoa voidaan tunnistaa pyörimissuuntaa. Tällaisissa antureissa ulostulopulssit ovat 90 asteen vaihesiirrossa toisiinsa nähden. Monesti pulssiantureissa on lisäksi kolmas sektori tai kolmas valokenno, jolta saadaan nollapulssi joka kierroksella. Nollapulssia käytetään pulssilaskennan nollakohdan kalibroimiseen. (Fonselius ym. 1990, 102-103.) Työssä käytettävät pulssianturin sisältävät kaikki yllämainitut ominaisuudet.

## 4.2 Takogeneraattori

Servotekniikassa tarvitaan nopeuden mittausta siirtymämittauksen lisäksi. Anturiksi valitaan usein pyörimisnopeusanturi. Analogisessa järjestelmässä käytetään analogisia nopeusantureita eli takogeneraattoreita, jotka tuottavat nopeuteen perustuvan jänniteviestin. Takogeneraattorin roottori kiinnitetään tavallisesti moottorissa olevan roottorin pyörivän akselin päähän, jolloin siitä saadaan vietyä nopeuteen verrannollinen analogiajännite servosäätimelle. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 61.)

### 4.2.1 Tasasähkötakogeneraattori

Tasasähkötakogeneraattorissa käämi pyörii kestopagneettikentässä ja siihen induoituu sykkivä tasajännite. Tasajännitteen sykkimistä voidaan pienentää varustamalla roottori usealla käämillä ja kommutaattoriliuskalla. Tasajännitettä voidaan tasata kytkemällä kondensaattori tasasähkötakogeneraattorin ulostuloon. Generaattorin ulostulojännite muuttuu napaisuutensa, kun pyörimissuunta vaihtuu. Tästä ominaisuudesta on hyötyä pyörimissuunnan tunnistamisessa. Tämän vuoksi tasasähkötakogeneraattori on suositumpi kuin vaihtosähkötakogeneraattori. Tasasähkötakogeneraattorin huonoja puolia ovat pieni kuormitettavuus ja kommutaattorin olemassaolo. (Fonselius ym. 1996, 61.)

CNC-puujuysimessä olemassa olevat ja käyttöön jäävät takogeneraattorit ovat tasasähkötakogeneraattoreita ja ne on kiinnitetty kestopagneettimoottoreihin. Tarkemmin sanoen takogeneraattorit ovat Magnetic BR11/2 tyyppisiä joiden ulostulojännite on 20V/1000rpm. Servomoottorin yhteydessä olevan takogeneraattorin tyyppikilpi (Kuva 3).



Kuva 3. Servomootorin yhteydessä oleva takogeneraattori.

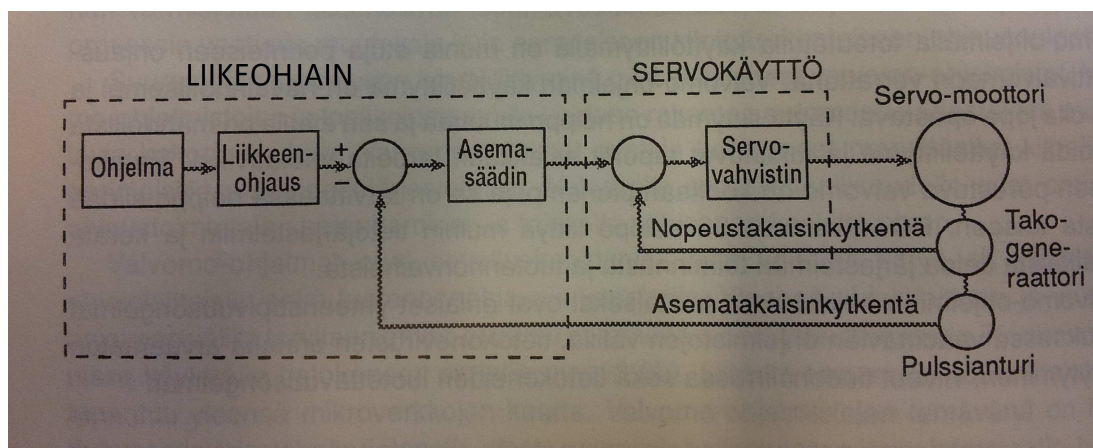
#### 4.2.2 Vaihtosähkötakogeneraattori

Vaihtosähkötakogeneraattorissa kestopäleet on sijoitettu roottoriin, eikä hiiliharjoja ja kommutaattoria tarvita. Staattorista saadaan ulos pyörimisnopeuteen verrannollinen vaihtojännite. Vaihtojännite normaalisti tasasuunnataan. Haittapuolena on se, ettei jännitteen napaisuus muutu pyörimissuunnan muuttuessa. (Fonselius ym. 1996, 63.)

## 5 SERVOJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

Servojärjestelmän tehtävänä on ohjata liikuteltava kappale haluttuun nopeuteen tai asemaan sovelluksesta riippuen. Toimilaitteen voi toimia erilaiset sylinterit ja moottorit. Riippuen säädettävästä suureesta puhutaan asemaservosta, nopeusservosta ja momenttiservosta. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa & Välimaa 1990, 85.)

Servojärjestelmissä on olennaista, että toimilaitteille annetut asetusarvot toteutuvat takaisinkytkennän kautta varmistettuna (Kuva 4). Ohjaussignaali on analoginen tai digitaalinen ja ohjauslaitteena toimii tavallisesti liikeohjain. Toimilaitteen tehtävänä on toteuttaa ohjauksen mukainen toiminta. Toimilaitteena on tavallisesti servomoottori ja ohjattavana suurena asema ja/tai nopeus. (Fonselius ym. 1990, 86.)



Kuva 4. Analogisen servojärjestelmän periaatekuva.

Takaisinkytkennässä asemaa mitataan tavallisesti pulssianturilla ja nopeutta takogeneraattorilla, kun kyseessä on analoginen järjestelmä. Takaisinkytkennästä saatu signaali johdetaan eroelimeen ja vähennetään ohjaussignaalista. Vahvistimen tarkoitus on siis muuntaa eroarvo sopivaksi ohjaussignaaliksi. (Fonselius ym. 1990, 86–87.) Nykyisin servovahvistimet ovat digitaalisia niin nopeudenmittaus voidaan toteuttaa samalla pulssianturilla, jolla mitataan asemaa.

## 5.1 Servovahvistin

Servovahvistimen tehtävänä on syöttää servomoottorille nopeusohjeen mukainen sähkövirta. Servovahvistinta kutsutaan usein sanalla ajuri eli drive. Ennen servovahvistimet toteutettiin analogia tekniikalla, mutta nykyisin digitaaliset servovahvistimet ovat yleisempiä. Etuvahvistimet ja säätöpiirit koostuvat operaatiovahvistimista ja pääteasteena käytetään transistoreja, tyristoreja tai mosfet-transistoreja. Servovahvistimesta lähtevä sähkövirta voi olla jatkuvaa tai pulssinleveysmoduloitua. Ohjausjännitteenä käytetään tyypillisesti +/-10VDC jännitettä. (Fonselius ym. 1990, 98.)

Vahvistimen syöttöjännitteenä käytetään joko vaihtojännitettä tai tasajännitettä, joi-  
tain malleja voidaan syöttää molemmilla. Servomootoreiden yhteydessä vahvistimet  
toimivat yleensä nopeusservona, jolloin moottori pyörii ohjausjännitettä vastaavaa  
nopeutta. Kun kyseessä on analoginen järjestelmä, takaisinkytkentänä käytetään ta-  
kogeneaattoria. (Fonselius ym. 1990, 99.)

Servovahvistimissa on perinteisesti seuraavat säädöt: vahvistuksen säätö, integroin-  
nin säätö, takaisinkytkennän säätö, nolapisteen säätö sekä kiihdytys- ja hidastus-  
rampin säätö. Säädöt toteutetaan monikierrospotentiometreillä. Säädöt voidaan to-  
teuttaa myös digitaalisesti digitaalisissa servovahvistimissa. (Fonselius ym. 1990,  
99.)

Servovahvistimen yhteensopivuus servomootoreiden kanssa on varmistettava ta-  
pauskohtaisesti. Jokainen servomoottori tarvitsee yleensä oman vahvistimen. Servo-  
vahvistimen ja moottorin väliin kytketään usein kuristin rajoittamaan servomoottoril-  
le menevän sähkövirran muutoksia. Servomoottoria jarrutettaessa voidaan jarrutuste-  
ho ajaa servovahvistimen yhteyteen asennettuun tehovastukseen. (Fonselius ym.  
1990, 100.)

Työssä haluttiin hyödyntää laitteessa jo olemassa olevat servovahvistimet (Kuva 5.)  
ja liittää nämä uuteen liikeohjaimen. Tähän päädyttiin, koska laitteet olivat täysin  
käyttökelpoisia ja yhteensopivia olemassa olevien servomoottorien kanssa sekä vara-  
osia oli saatavilla. Lisäksi servovahvistimet olivat analogiasignaalilla ohjattavissa,  
mikä helpotti liikeohjaimen valintaa huomattavasti, koska monesti vanhat digitaaliset  
servovahvistimet eivät ole ohjattavissa samoilla komponenteilla, kuin uudet digitaali-  
set servovahvistimet johtuen tekniikan kehittymisestä. Tässä mielessä analogiset lait-  
teet ovat helpommin hyödynnettävissä tänä päivänä.

Servovahvistimet ovat tyyppiä Soprel PWME 140x25/50 ja Soprel PWME  
140x14/28. Servovahvistimet tuottavat nimensä mukaisesti pulssinleveysmoduloitua  
jännitettä (Pulse Width Modulation). Nimien loppuosassa olevat numerot 25/50 ja  
14/28 kuvaavat servovahvistimesta saatavaa nimellisvirtaa ja huippuvirtaa.

Servovahvistimien tehonsyöttö tapahtuu muuntajalla tuotetun 105 voltin kolmivai-  
hesyötön avulla. Tästä jännitteestä servovahvistin tuottaa ohjauksen ja takaisinkyt-

kennän mukaista jännitettä servomoottorille. Nopeusohje annetaan jänniteviestinä +/- 10V. Takaisinkytkentä tuodaan nopeuden oloarvo takogeneraattorilta 20V/1000 r/min. Lisäksi vahvistimissa on digitaalinen tulo currentenable-tilaa varten ja ulostulo OK-tilan ilmaisemiseksi. Servovahvistimien PID-säädöt ovat kalibroituissa monikierrospotentiometreilla sekä piirilevyille asennettavilla vastuksilla.



Kuva 5. Vanhat hyödynnettävät servovahvistimet.



## 5.2 Servomoottori

Sähköisessä servojärjestelmässä toimilaitteeksi käy mikä tahansa sähkömoottori, mutta tavallisesti käytetään servomoottoreita. Servomoottori on erikoisrakenteinen tasa- tai vaihtovirtamoottori. Ennen tasavirtamoottorit olivat yleisempiä halvempien ja helpompien nopeussäätölaitteiden vuoksi. Nykyisin vaihtovirtamoottorit ovat yleisempiä halvempien ja helpommin säädettävien taajuusmuuttajien ansiosta. (Fonselius ym. 1990, 87.)

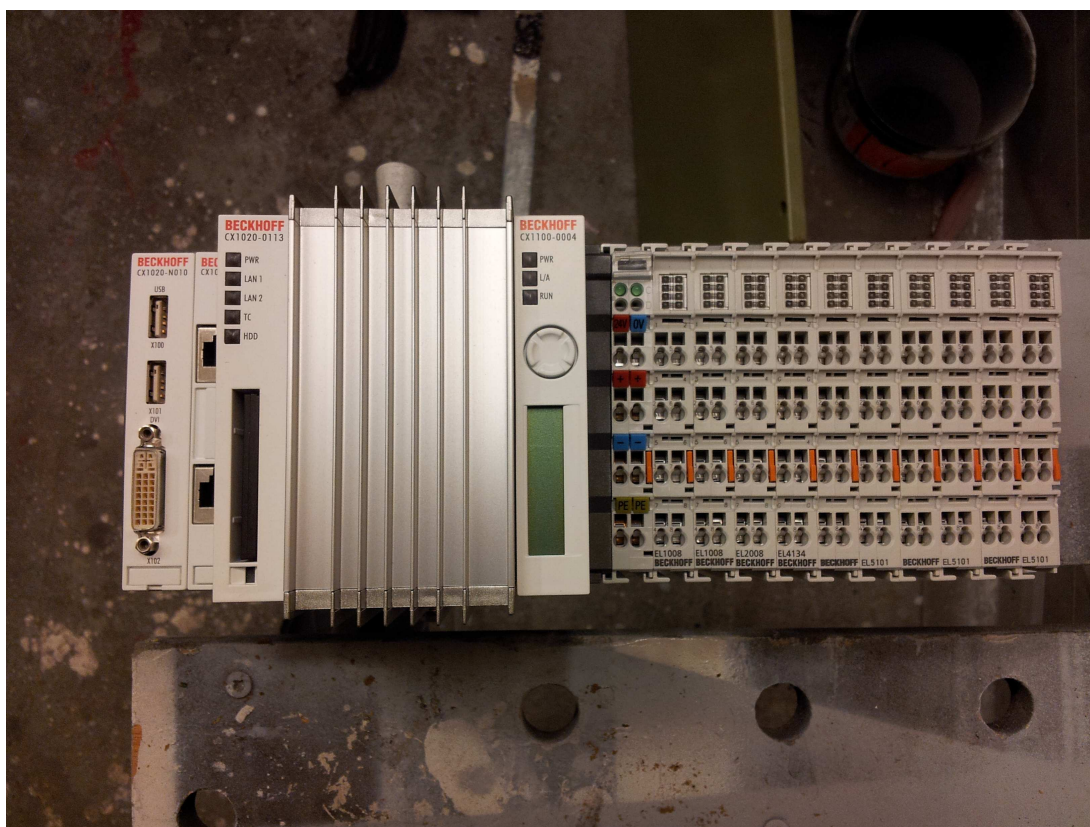
Servomoottori eroaa tavallisesta sähkömoottorista pääasiassa roottorin pienen hitausmomentin osalta. Pienellä hitausmomentilla saavutetaan suuri kiihtyvyys ja hidastuvuus mikä mahdollistaa nopean toiminnan. Servomoottoriin on usein integroitu takogeneraattori ja/tai pulssianturi. (Fonselius ym. 1990, 87.)

## 6 LIIKEOHJAIN

Jotta servojärjestelmästä saadaan ohjattavissa oleva kokonaisuus tarvitaan myös ohjaava komponentti eli liikeohjain. Tässä työssä liikeohjaimen valintaan etupäässä vaikutti tarve liittää se jo olemassa oleviin servovahvistimiin. Myös muut jo olemassa olevat komponentit pulssianturit, mekaaniset päätyrajat ja servomoottorit päätettiin hyödyntää, koska ne ovat toimivia ja yhteensopivia.

Liikeohjaimeksi valittiin tarjouskyselyn perusteella Beckhoff CX 1020-0113 industrial PC (Kuva 6). Liikeohjaimen valittiin yhteensopiva virran syöttöyksikkö Beckhoff CX 1100-0004 Power supply unit. Tulosten liittämiseksi laitteeseen tilattiin kaksi kappaletta EL1008 input-korttia, joissa on kahdeksan kanavaa korttia kohti. Tarvitavat tulot tullaan liittämään tulokortteihin. Lähtöjen ohjaamiseksi laitteeseen liitetään myös yksi lähtökortti tyyppiä EL2008, jossa on kahdeksan kanavaa. Takaisinkytkentä tiedon saamiseksi pulssiantureilta laitteeseen liitetään kolme kappaletta pulssianturikortteja joihin pulssianturit kytketään. Pulssianturikortit ovat tyyppiä EL5101 ja niillä hoidetaan myös pulssianturein tehonsyöttö. Servovahvistimille vietävää +/-10V

jänniteviestiä varten tarvitaan analoginen lähtökortti, jossa on neljä kanavaa. Analoginen lähtökortti on tyyppiä EL4134.



Kuva 6. Uusi liikeohjain.

Liikeohjaimen päätettiin liittää myös kosketusnäyttö johon voidaan ohjelmoida käyttöliittymä koneen käyttämistä varten. Näytöksi valikoitui 15 tuumainen tft-paneeli tyyppiä CP6902-0001-0000.

## 7 OHJAUSJÄRJESTELMIEN TURVALLISUUS

Automaattisten koneiden nopeutuessa, laajentuessa ja monimutkaistuessa on niiden turvallisuus yhä enemmän riippuvainen ohjausjärjestelmästä. Ohjausjärjestelmän viikaantuessa se voi aiheuttaa turvatoimintojen menetyksen, odottamattoman käynnistyksen tai virhetoiminnon ja näin johtaa tapaturmiin tai muihin vahinkoihin. Ihmiset ovat tottuneet luottamaan turvalaitteisiin ja siksi niiden viat ovat usein yllättäviä ja

vaarallisia. Tämän takia on tärkeää varmistaa turvapiirien toiminta niin etteivät ne erikoistilanteissakaan, kuten vikatilanteissa toimi tavalla joka voisi aiheuttaa vaaratilanteita. (Malm, Kivipuro 2004, 9.)

Turvajärjestelmät voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden käyttötärpeen mukaan. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat lukituksiin ja estoihin liittyvät perinteiset turvatoiminnot. Esimerkiksi koneissa, joissa on puristumisvaara voidaan ohjausjärjestelmä pysäyttää valoverholta saadun tiedon perusteella, ennen, kuin ihmisen käsi jää väliin. (Malm, Kivipuro 2004, 9.)

Toisessa ryhmässä osa ihmisen vastuusta on siirretty ohjausjärjestelmälle esim. koneen nopeuden tai monimutkaisuuden vuoksi. Manuaalikoneissa turvallisuus useimmiten perustuu ihmisen omaan harkintaan ja toimintaan. Järjestelmien nopeutuessa ja monimutkaistuessa vaaralliset toiminnot pitää voida pysäyttää automaattisesti ja nopeasti. Monenlaisissa nostureissa kuten ajoneuvonostureissa ja henkilönostimissa on ohjausjärjestelmä, joka valvoo nostimen kuormituksia. Ilman tällaista valvontaa ihminen voisi ohjata koneen tilaan, jossa se voisi kaatua ja aiheuttaa vaaraa. (Malm, Kivipuro 2004, 9.)

Kolmanteen ryhmään kuuluvat ohjausjärjestelmät, joiden vastuuta on lisätty vähentämällä kalliita, hitaita ja raskaita rakenteita. Esimerkiksi pitkissä paineenalaisissa putkijärjestelmissä seinämä vahvuutta voidaan vähentää toteuttamalla luotettava paineenrajoitusjärjestelmä. (Malm, Kivipuro 2004, 10.)

Tässä työssä ohjausjärjestelmän turvallisuutta on pohdittu käyttötärpeen mukaan ja ollaan päädytty käyttämään ensimmäisen ryhmän perinteisiä ratkaisuja. Ratkaisu sisältää päälle/pois-tyyppisiä toimintoja mm. käynnistäminen, pysäyttäminen, hätäpysäytys, energian katkaisua ja jarrutus. Käynnistys ja pysäytys tullaan hoitamaan kosketusnäytölle ohjelmoidusta käyttöliittymästä. Hätäpysäytys ja siihen liittyvä energian katkaisu hoidetaan kaksikanavaisella turvareleellä, joka valvoo hätäpysäytyspainiketta sekä koneen ympärillä olevan aidan ovesa olevaa ovikosketinta.

Ovessa käytetään sähkölukkoa tahattoman sisäänpääsyn estämiseksi koneen käynnin aikana. Oven vieressä on nappi, josta voi pyytää lupaa sisäänpääsyyn ja kone ajetaan turvalliseen tilaan, jonka jälkeen lukko aukeaa.

CNC-puujyrsimen muuttuessa CNC-plasmaleikkuriksi sen käyttötarkoitus muuttuu. Tämä tarkoittaa sitä, että kone täytyy CE-merkitä. CE-merkinnän yhteydessä tulee tehdä riskien arviointi ja tämän hoitaminen kuuluu koneenrakentajalle. Koneenrakentajan tulee arvioida ovatko mietityt toiminnallisuudet tarpeeksi turvallisia riskien arvioinnin perusteella. Riskien arvioinnin yhteydessä on huomioitava koneen tarkoituksen mukainen käyttö sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Tunnistaa koneen aiheuttamat vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet. Arvioitava riskien suuruus mahdollisten terveyshaittojen vakavuuden ja todennäköisyyden perusteella. Poistettava tunnistetut vaarat tai pienennettävä niihin liittyviä riskejä turvallisuustoimenpiteillä niiden ensisijaisuusjärjestyksessä. (Siirilä 2009, 39.)

## 8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä lähtökohtana oli vanhan CNC-puujyrsimen modernisointi ja siinä yhteydessä käyttötarkoituksen muuttuminen CNC-plasmaleikkuriksi. Kone oli tuotannosta poistettu täysin toimivana ja sen mukana oli saatu varaosina vanhoja komponentteja, joka puolsi niiden käyttöä. Aluksi tämä herätti epäilyksiä niiden toimivuudesta liitettynä uuteen ohjausjärjestelmään, mutta tarkemmin sähkökuvista ja datalehdistä tutkittuna komponentit osoittautuivat käyttökelpoisiksi.

Työhön rajoittavana tekijöinä liittyivät teknistaloudellinen järjestyminen laitteen hinnassa sekä vanhojen komponenttien aiheuttamat rajoitukset. Rajoituksista huolimatta ohjaavan komponentin hinta saatiin pidettyä siedettävällä tasolla eivätkä vanhojen komponenttien aiheuttamat rajoitukset olleet ylitsepääsemättömiä.

Opinnäytetyö ja sen yhteydessä tehdyt sähköpiirustukset lisäsivät omaa tietotaitoani erilaisista servojärjestelmistä huomattavasti ja toivonkin tästä olevan hyötyä tulevissa työtehtävissäni.

Tästä työstä saadut tulokset ovat teorian tasolla hyödynnettävissä lähes missä tahansa kolmeakselisessa paikoittavassa koneessa. Käytännössä koneet ovat kuitenkin aina yksilöitä ja ratkaisut toimivuuden kannalta on tehtävä tapauskohtaisesti.

Opinnäytetyössä piirretyt sähkökuvat ovat aiheuttaneet jatkotoimenpiteitä laitteen ohjelmoinnin ja käyttöönoton suhteen. Asennusten valmistuttua voidaan aloittaa testaus ja jatkaa käyttöönottoon.

## LÄHTEET

Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1990. Koneautomaatio Anturit. 2. uud. p. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1996 Koneautomaatio Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita

Fonselius, J., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1990. Koneautomaatio Sähköiset automaatiolaitteet. 3. uud. p. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Malm, T., Kivipuro, M. 2004. Turvallisuuden liittyvät ohjausjärjestelmät konesoveluksissa Esimerkkejä. Espoo: VTT

Siirilä T. 2009. Koneturvallisuus Ohjausjärjestelmä ja turvalaitteet. 2. uud. p. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

