

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tero Takaneva

Opinnäytetyö

Levyntyöstökoneen robotisoitu palvelu

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

Lehtori Arto Jokihaara
Rintaluoma Oy

Tampere 6/2010

Tekijä	Takaneva, Tero
Työn nimi	Levyntyöstökoneen robotisoitu palvelu
Sivumäärä	59 sivua + 42 liitesivua
Valmistumisaika	6/2010
Työn ohjaaja	Lehtori Arto Jokihara
Työn tilaaja	Rintaluoma Oy

Tiivistelmä

Rintaluoma Oy on Teuvalla toimiva huonekaluja valmistava perheyritys. Yrityksen valmistamia koti- ja toimistokalusteita on saatavilla huonekaluliikkeistä kautta maan. Lisäksi yrityksellä on jonkin verran vientiä Ruotsiin ja Viroon. Huonekalutuotannon lisäksi Rintaluoma Oy tuo maahan Alibre Design 3D CAD-suunnitteluohjelmistoa.

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella uuden CNC-levyntyöstökeskuksen robotisoitu palvelu juuri asennettuun työstökeskukseen. Työtä varten toimeksiantaja oli tilannut käytetyn robotin. Robotti tuli varustaa asianmukaisella työkalulla, käyttäjäliittymillä ja se oli ohjelmoitava.

Työ aloitettiin kartoittamalla toimeksiantajan toiveet solun toiminnasta ja robottiohjelman kulusta. Toimeksiantaja antoi lähtökohdat työlle, mutta ei antanut mitään tiukkoja rajoja työn yksityiskohtiin.

Työn lopputuloksena saatiin toimivan kokonaisuuden robottisolu monipuolisine ohjelmineen. Joitain parannuskohteita nousi esiin työn edistyessä, ja niistä raportoitiin toimeksiantajalle.

Tämän työn julkisessa versiossa ei tuoda esiin mitään työn todellisia yksityiskohtia. Ne on sovittu salassapidettäviksi.

Writer	Takaneva, Tero
Thesis	Robotic feed to CNC-machine
Pages	59 pages + 42 appendices
Graduation time	6/2010
Thesis Supervisor	Arto Jokihara, M.Sc.
Commissioned by	Rintaluoma Oy

Rintaluoma Oy is a company producing furniture for home and office use. The company is located in Teuva, Western Finland. Products are available in furniture shops around the country and on top; Rintaluoma Oy has some export activities to Sweden and Estonia. Another product that the company has is a 3D CAD -design software called Alibre Design, which Rintaluoma Oy is importing and distributing within Finland.

The aim of this thesis was to design a robotic feed to a newly installed CNC-machining centre. The client had ordered a second hand robot for the purpose which was to be equipped with proper gripper, user interface and naturally with working program execution.

Work began with mapping all the demands that Rintaluoma Oy had for the robot cell and for the program execution in general. The client gave quite free hands for the task and did not set very strict boundaries.

In the end the results that were achieved gave a good overall working robotic cell with adaptive program execution. Some improvement points were discovered during the job and these were reported to the client.

This is the public version of the thesis. Therefore none of the details of the robotic cell are mentioned here. These were agreed to be kept in secret under confidentiality agreement between Rintaluoma Oy and TAMK.

Keywords robotics, CNC- machining, offline- programming

Alkusanat / Esipuhe

Kiitän Rintaluoma Oy:tä ja Rami Rintaluomaa kiinnostavasta lopputyön aiheesta ja ennen kaikkea kärsivällisyydestä. Työn loppuunsaattaminen on ollut haasteellista oman leipätyön vaadittua paljon matkustamista, jolloin on aikatauluista sopiminen ja niissä pysyminen ollut suuri haaste. Kaiken kaikkiaan aihe oli hyvä verestys edelliseen elämänvaiheeseen teollisuusrobottien parissa.

Helsingissä 2.6.2010

Tero Takaneva

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	9
2 Rintaluoma Oy	10
3 Teollisuusrobotit	11
3.1 Teollisuusrobotityypit	12
3.1.1 Suorakulmainen robotti.....	12
3.1.2 Sylinterirobotti	12
3.1.3 Napakoordinaatistorobotti.....	13
3.1.4 SCARA.....	14
3.1.5 Kiertyvänivelinen robotti.....	14
3.1.6 Rinnakkaisrakenteinen robotti	15
3.2 Robotin komponentit	16
3.3 Robotin mekaaninen suunnittelu	16
3.4 Työkalut.....	17
3.5 Kinematiikka.....	18
3.6 Robotin paikannuskäsitteet.....	20
3.7 Robotin liikekäskyt	20
4 Etäohjelmointi	21
4.1 Etäohjelmoinnin työn kulku	21
4.2 Sovellukset.....	22
4.2.1 FAMOS Robotic	22
4.2.2 Easy-Rob	23
4.2.3 Muut ohjelmat	24
5 Käytetyn robotin hankinta	25
6 Työn taustat (Ei julkaista)	26
7 Tuotantosolun robotti (Ei julkaista)	27
8 Työn kulku (Ei julkaista)	28
8.1 Mekaaninen suunnittelu	28
8.1.1 Layout-suunnittelu, osa 1.....	28
8.1.2 Työkalusuunnittelu	28
8.1.3 Tarttujan anturointi.....	28
8.1.4 Layout-suunnittelu, osa 2.....	29
8.1.5 Solun muut anturit.....	29
8.1.6 Pneumatiikkasuunnittelu	29
8.2 Ohjaussähkösuunnittelu.....	29
8.2.1 Robotin digitaaliset tulot ja lähdöt.....	30
8.2.2 Robotin toimilaitteet	30
8.2.3 Kommunikaatio työstökeskuksen kanssa	30
8.2.4 Turva-aita.....	30
8.2.5 Tulokuljetin	30
8.2.6 Majakka ja muut valinnaiset liitännät	31
8.3 Törmäystarkastelut annetulle robotille	31

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

9 Robotin ohjelma (Ei julkaista).....	32
9.1 Alustavat ohjelmointitehtävät	32
9.2 Pisteiden opettaminen ja polun luominen	32
9.3 Ehtojen lisääminen.....	32
9.3.1 Ohjelman aloitus	33
9.3.2 Keskeytykset eli interruptit	33
9.3.3 Työstettävien levyjen käsittely	33
9.3.4 Muut toiminnot	33
9.3.5 Pääohjelma	34
9.4 Simulointi.....	34
10 Tulevaisuus ja parannusehdotukset (Ei julkaista)	35
11 Yhteenveto.....	57
Lähteet	58
Liitteet.....	59

Symboliluettelo

ln/min normilitraa minuutissa

Yleistä robotiikan terminologiaa

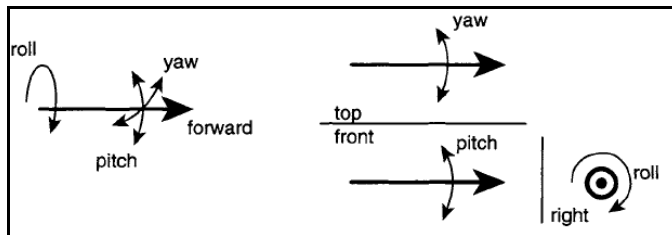
Suuraavassa on listattu joitain robotteihin liittyviä keskeisiä termejä:

Linkki: Käsivarren rakenteellinen osa.

Nivel: Liikkuva liitos linkkien välillä. Nivelet voivat olla pyöriviä tai liukuvia.

Vapausaste: Jokaisella nivelellä on oma vapausaste. Teollisuusroboteissa vapausasteita on tyypillisesti viisi tai kuusi. Kuusi vapausastetta mahdollistaa robotin liikkeen jokaiseen mahdolliseen pisteeseen robotin työtilassa.

Suunta-akselit: Pyöritys, taitto ja kierto kuvan 1 mukaan ovat yleisimmin käytettyjä suunta-akseleita.



Kuva 1, Robotin suunta-akselit (Onwubolu 2005, 533)

Paikka-akselit: Työkalu voidaan siirtää asennosta riippumatta n. määrään pisteitä tilassa.

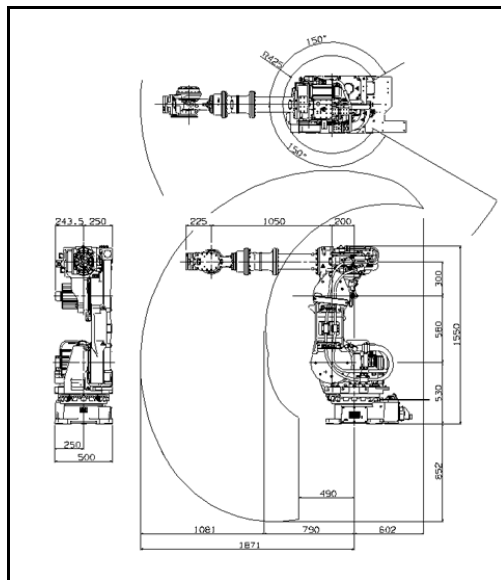
Hyötykuorma: Suurin massa, jonka robotti voi nostaa rikkoutumatta, tai ilman suurta tarkkuuden menettämistä.

Ramppiaika / Asetusaika: Aika, jonka robotti vaatii ollakseen tietyn matkan päässä loppupisteestä. Ramppiajan jälkeen liike hidastuu ennen lopullista pistettä.

Koordinaatit: Robotti liikkuu, joten on pakko asettaa paikkapisteet.

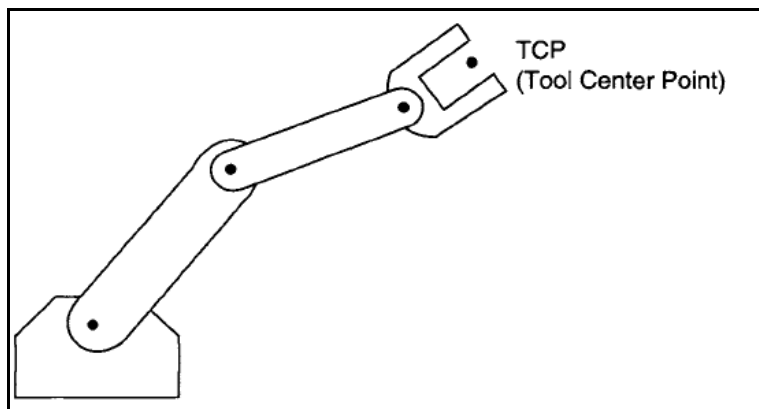
Nopeus: Viitataan yleensä maksimi nopeuteen, jonka joko työkalun keskipiste tai yksittäinen nivel voi saavuttaa.

Työtila: Robotin rajatun geometrian pohjalta määräytyvä työtila on rajapisteiden luoma tila, joihin robotti voi yltää. Kuvassa 2 on esitetty Nachi ST70L- robotin työtila.



Kuva 2, Robotin työtila (Finnrobotics)

Työkalun keskipiste (TCP): Työkalun keskipiste voi sijaita joko robotissa, tai työkalussa, kuten kuva 3 osoittaa.



Kuva 3, Työkalun keskipiste (TCP) (Onwubolu 2005, 533)

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin CNC-levyntyöstökeskuksen robotisointi. Raportissa esitellään myös kattavasti robotiikan ja etäohjelmoinnin teoriaa. Työ sisältää mekaanista ja ohjaussähkösuunnittelua.

Raportti on jaettu teoriaosuuteen, joka pureutuu lähinnä robotiikkaan ja etäohjelmointiin. Molemmat edellä mainitut osat olivat keskeisiä työn suunnittelun aikana. Teknisessä osuudessa, joka on luottamuksellinen, tarkastellaan lähemmin työn yksityiskohtia ja esitellään soluun tulevat osakokonaisuudet.

Opinnäytetyöraportissa tullaan selittämään robotiikkaan kuuluvaa terminologiaa, esitetään työkalusuunnittelun yksityiskohtia ja perehdytään robotin ohjelmointiin.

Tutkintotyön tavoitteena oli saada aikaan hyvin dokumentoitu robottisolun suunnittelu, jonka taustatietoja työn teettäjä, Rintaluoma Oy, voisi käyttää hyväkseen myös tulevilla robotisointiprojekteissa.

2 Rintaluoma Oy

Rintaluoma Oy on Teuvalla, Etelä-Pohjanmaalla toimiva huonekaluja valmistava perheyritys. Yritys on perustettu 1972 ja se työllistää tällä hetkellä noin 10 henkilöä. Rintaluoma Oy:n valmistamia koti- ja toimistokalusteita on saatavilla huonekaluliikkeistä kautta maan. Yrityksellä on myös jonkin verran vientiä Viroon ja Ruotsiin. Huonekalutuotannon lisäksi Rintaluoma Oy tuo maahan Alibre Design 3D CAD-suunnitteluohjelmistoa. (Rintaluoma Oy)

Yrityksessä on panostettu huomattavasti automaatioon ja robotiikkaan. Tuotannossa toimii useita teollisuusrobotteja sekä erilaisia CNC-työstökeskuksia. Yritys panosti robotiikkaan ensimmäisen kerran 1990-luvun alussa, jolloin hankittiin ensimmäinen ABB-robotti. Sittenmin robottikantaa on hiljalleen kasvatettu, ja nykyään tuotannossa toimii useita robotteja, jotka hoitavat tuotannossa enimmäkseen CNC-koneiden palvelua ja tuotteiden lavauksia. Yrityksellä on myös omakohtaisia kokemuksia käytettyjen robottien hankinnasta ja käyttöönotosta. Nämä kokemukset ovat pääsääntöisesti positiivisia. (Rintaluoma Oy)



Kuva 4, Rintaluoma Oy:n tuotantoa (Rintaluoma Oy)

3 Teollisuusrobotit

Robotit ovat koneita, jotka suorittavat ihmismäisiä tehtäviä. Robotit jaetaan karkeasti kahteen eri tyyppiin: liikkuviin tai kiinteisiin robotteihin. Liikkuvat robotit, kuten automaattitrukit, kulkevat omassa työtilassaan omatoimisesti. Kiinteät robotit, kuten manipulaattorit, ovat paikalleen kiinteästi asennettuja. (Onwubolu 2005, 531)

Teollisuusrobotti voidaan ohjelmoida toimimaan monipuolisemmin, kuin mitä varta vasten jotain tehtävää varten suunniteltu automaattinen manipulaattori voi toimia.

Robotin ohjelmoitavuus tekee siitä sekä joustavan että muuntautuvaisen.

Teollisuusrobotin täysi etu saadaan kuitenkin vasta, kun robotti on täysin integroitu kokonaisprosessiin. Kustannustehokkuus, joustavuus, toistettavuus, vaarallisten tehtävien suorittaminen yms. ovat osa kokonaisuutta, jota täytyy miettiä robotisointia suunniteltaessa. Nykyaikainen robotti rakentuu mekaanisten, servomekaanisten, sähköisten ja tietoteknisten tekniikoiden saumattomasta yhteistoiminnasta. (Sandin 2003, 259)

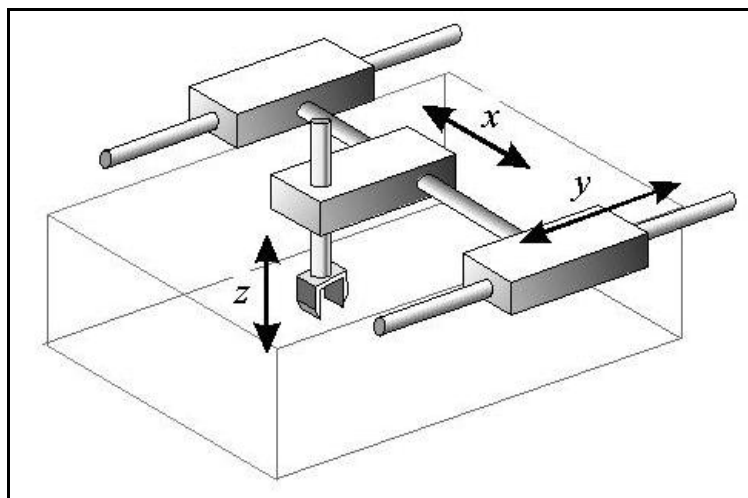
Robotin hankintaan vaikuttavia tekijöitä on monia. Tärkein lähtökohta on yleensä joko käsittelykyky tai ulottuvuus. Miten painavia työkappaleita tai työkaluja robotti tulee nostamaan työtehtävässään? Miten suurelle alueelle robotin tulee ulottua tehtävän suorittamiseksi onnistuneesti? Toistotarkkuus ja mekaaninen rakenne vaikuttavat myös hankintaan omalta osaltaan. Vapausasteita normaaleissa teollisuusroboteissa on yleensä kuusi. Lisää vapausasteita voidaan saada lisäämällä robottisoluun joko erilaisia pyörityslaitteita osille tai asentamalla robotti lineaariradalle. Myös näitä lisäakseleita ohjataan robotin omalla ohjaustietokoneella parhaan tuloksen saamiseksi. (Sandin 2003, 261)

Teollisuudessa robotteja käytetään erilaisissa panostus-, lavaus-, kokoonpano-, hitsaus- ja koneistustehtävissä.

3.1 Teollisuusrobotit

3.1.1 Suorakulmainen robotti

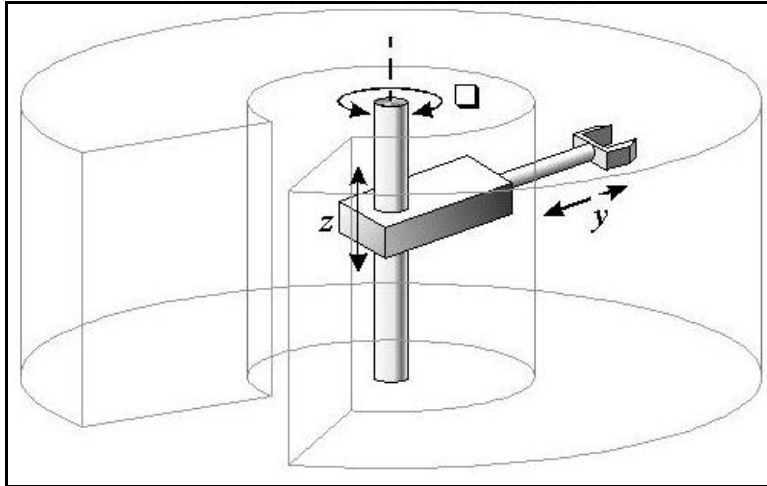
Suorakulmaisella robotilla on kuvan 5 mukaisesti lineaariset liikkeet kolmella ensimmäisellä vapausasteella. Rakenne on tuettu kulmista, ja liike tapahtuu kiskoilla. Näitä robotteja käytetään nosto- ja siirtotehtävissä. (Työstökoneiden panostus ja palvelutehtävät 2008, 8)



Kuva 5, Suorakulmainen robotti (Assembly Automation)

3.1.2 Sylinterirobotti

Sylinterityyppisellä robotilla on yksi pyörivä ja kaksi lineaarista nivelä. Kuvasta 6 nähdään, että vaikka rakenne on pelkistetty, sylinterirobotilla on melko intuitiivinen työtila. (Sandin 2003, 247)

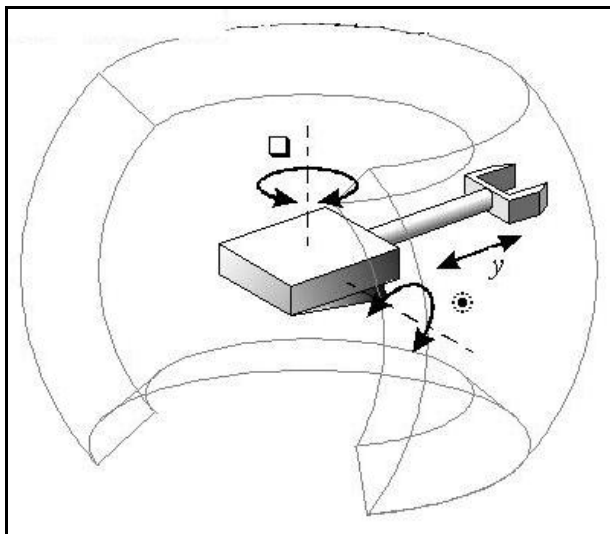


Kuva 6, Sylinterirobotti (Assembly Automation)

3.1.3 Napakoordinaatistorobotti

Napakoordinaatistorobotin työtila voidaan teoriassa katsoa täysin pyöreäksi. Todellisuudessa robotin on kuitenkin vaikea yltää kaikkiin pisteisiin.

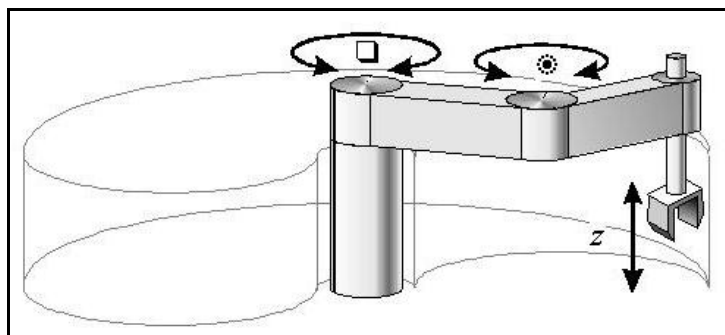
Napakoordinaatistorobotin työtilan voi esittää monilla eri tavoilla. Sandin esittää kirjassaan, että koska tämän robotin työtilan voidaan sanoa olevan monipuolisin, perustuvat kiertyväniveliset robotit pitkälti juuri napakoordinaatistorobottiin. Kuvassa 7 on esitetty napakoordinaatistorobotti. (Sandin 2003, 248)



Kuva 7, Napakoordinaatistorobotti (Assembly Automation)

3.1.4 SCARA

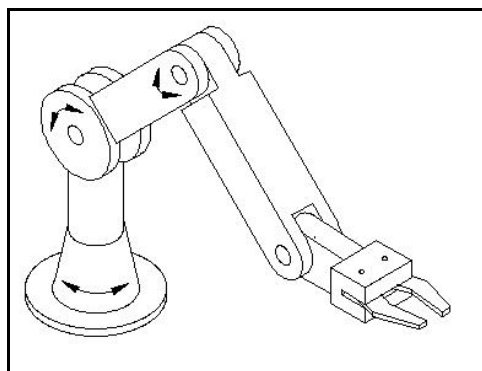
SCARA, eli Selective Compliant Assembly Robot Arm -robotin nivelet ovat vaakatasossa ja pystysuunta on lineaarinen. Rakenne antaa hyvän vertikaalijäykkyyden, mutta aiheuttaa jonkin verran joustavuutta vaakatasossa. SCARA-robotin työtila on esitetty kuvassa 8. (Sandin 2003, 247)



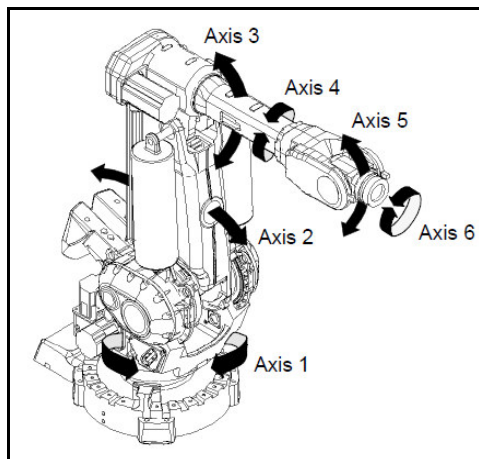
Kuva 8, SCARA-robotti (Assembly Automation)

3.1.5 Kiertyvänivelinen robotti

Kiertyväniveliseksi robotiksi voidaan katsoa robotti, jossa on vähintään kolme niveltä (3R). Kiertyväniveliset robotit ovat kuitenkin yleisesti kuuden (6R) kääntyvän vapausasteen robotteja. Tämä rakenne muistuttaa roboteista eniten ihmisen käden toimintoja, sillä se antaa mahdollisuuden ajaa joko työkalu tai kappale kaikkiin robotin työtilan pisteisiin. Kuvat 9 ja 10 esittävät kiertyvänivelisiä robotteja (Työstökoneiden panostus ja palvelutehtävät 2008, 8 ; Onwubolu 2005, 535)



Kuva 9, Nivelvarsirobotti (3R) (Assembly Automation)



Kuva 10, ABB 6400R robotti (6R) (ABB IRB 6400R Product manual)

3.1.6 Rinnakkaisrakenteinen robotti

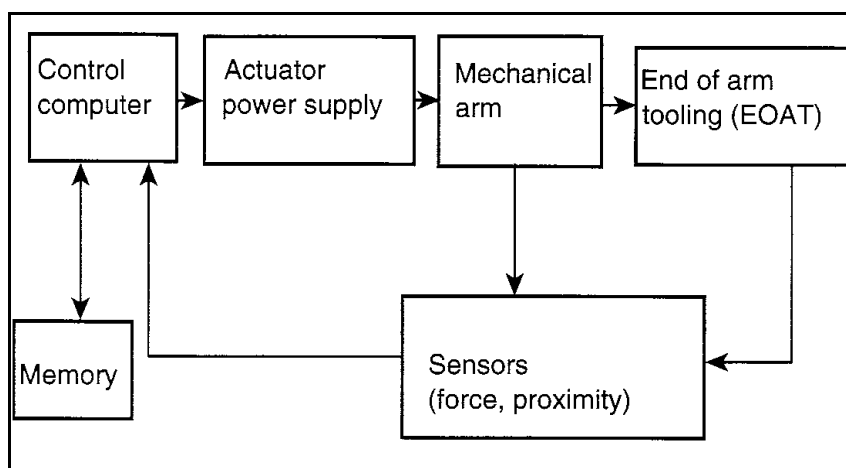
Rinnakkaisnivelistessä robotissa liikeakselit on kytketty rinnakkain. Tällaiset robotit ovat hyvin kestäviä ja tarkkoja rakenteellisesti, mutta niillä on kohtalaisen pieni työalue. Kuvassa 11 on esitetty ABB IRB360 robotti. (Manipulaattorit vs. robotit 2008, 8)



Kuva 11, ABB IRB 360 (ABB Robotics)

3.2 Robotin komponentit

Robottien komponentit voidaan esittää seuraavasti: Ensimmäisenä on mekaaninen rakenne, kuten linkut. Rakenne vaatii massaa, mutta tuo tarvittavan jäykkyyden ja varmistaa korkean toistotarkkuuden eri kuormituksilla. Seuraavana ovat toimilaitteet, jotka ajavat robotin niveliä. Toimilaitteet ovat pääosin sähköisiä servomoottoreita. Myös pneumatiikkaa ja hydraulikkaa käytetään toimilaitteissa jonkin verran. Ohjauslaite (tietokone) luo käyttäjäympäristön ja ohjaa robotin liikkeitä. Anturit antavat ohjaintietokoneelle tietoja robotin liikkeistä ja tunnistavat tarvittaessa työkappaleita. Viimeisenä tulevat robotin työkalut, jotka on suunniteltu varta vasten työtä varten. Robottien peruskomponentit on esitetty kuvassa 12. (Onwubolu 2005, 537)



Kuva 12, Robotin peruskomponentit (Onwubolu 2005, 537)

3.3 Robotin mekaaninen suunnittelu

Robotin mekaanisessa suunnittelussa on otettava huomioon sekä linkkien rakenne että hyötykuorman staattinen ja dynaaminen rasitus rakenteeseen. Staattiset ja dynaamiset rasitukset aiheuttavat paikoitusvirheitä. (Onwubolu 2005, 537)

Linkit on kytketty mekaanisesti niveliin, joten kinematiikan tuntemus niitä suunniteltaessa on tärkeää. Suunnittelussa on huomioitava linkin kokomitoitus ja toisaalta tarvittavat maksimikiertokulmat. (Onwubolu 2005, 537)

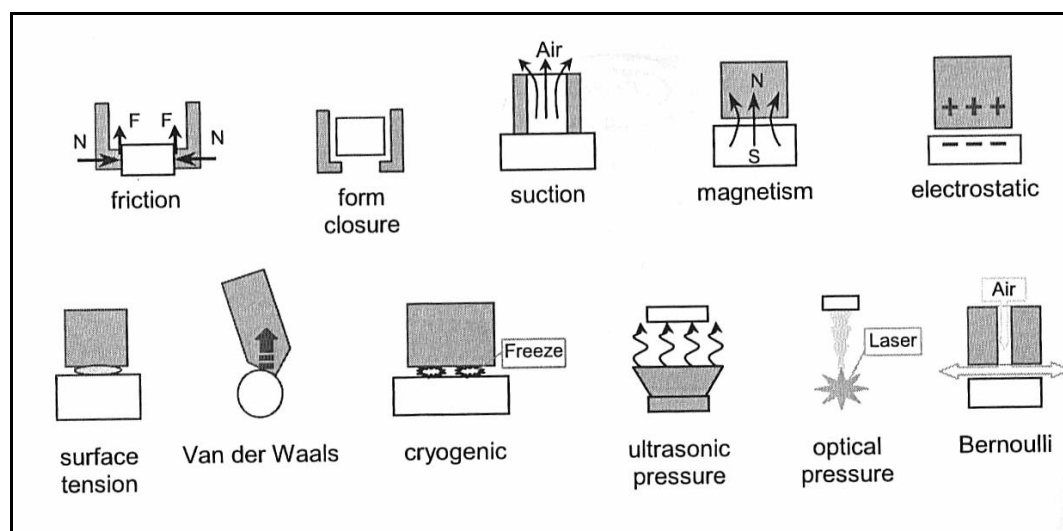
Staattista rasitusta on muun muassa painovoimavaikutus. Painovoima aiheuttaa alaspäin suuntautuvaa poikkeamaa robotin rakenteessa. Vaihteilla ja vetohihnoilla on luonnostaan aina jonkin verran rakenteellista välystä ja siksi ne myös aiheuttavat paikoitusvirheitä. Nivelten varat ja toleranssit on myös huomioitava suunnittelussa. Viimeisenä staattisen rasituksen muotona ovat lämpötilavaikutukset robotin rakenteeseen. (Onwubolu 2005, 538)

Dynaamisen rasituksen tärkein kiintopiste on kiihtyvyystrasitukset. Miten sisäiset voimat vaikuttavat mekaanisten poikkeamien syntymiseen? Dynaamiset rasitteet ovat suurimmillaan silloin, kun robotilta vaaditaan nopeita liikkeitä. (Onwubolu 2005, 540)

3.4 Työkalut

Robotin työkalu on yleensä erillishankinta robotin lisäksi, tai se valmistetaan itse kyseessä olevaa työtä varten. Työkalu voi olla joko tarttuja, kuten imukuppi, tai työkalu, kuten hitsauspistooli. (Onwubolu 2005, 540)

Tarttajasuunnittelussa on otettava huomioon työkappaleen materiaali, muoto ja ennen kaikkea paino. On myös tarkasteltava mahdollisia vääntöjä, massakeskipisteitä, tarvittavaa pitovoimaa, kiihtyvyyden vaikutuksia ja turvallisuutta. Työkappaleisiin voidaan tarttua joko suoralla kontaktilla, magneetilla, vakuumilla tai vaikkapa puhaltamalla. Kuvassa 13 on esitetty erilaisia tarraintyyppejä. (Onwubolu 2005, 541)



Kuva 13. Tarttujatyyppejä (Työstökoneiden panostus ja palvelutehtävät 2008, 11)

Käytetyimpiä tarttujatyyppejä ovat erilaiset sormitarttijat ja alipainetarraimet. Sormitarraimet on suunniteltu tarraamaan työkappaleeseen kohtalaisella voimalla, jottei työkappale liu'u irti. Sormitarraimet suunnitellaan aina työkappaletta varten. Tällöin saadaan paras puristusote. Sormitarrain ei siis ole kovin joustava ratkaisu.

(Työstökoneiden panostus ja palvelutehtävät 2008, 11)

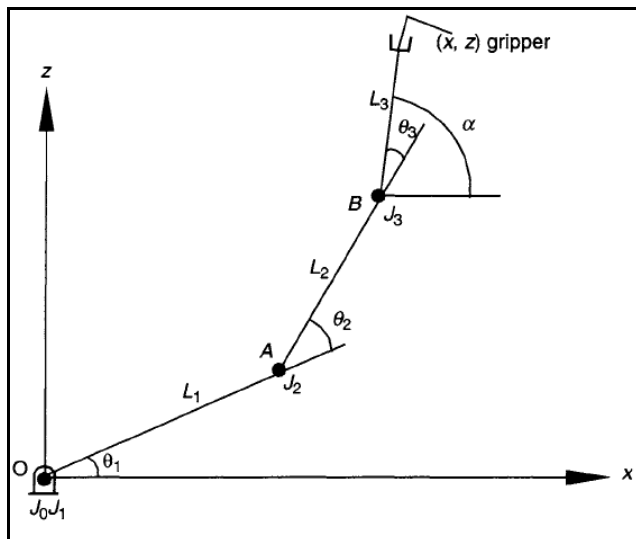
Alipainetarraimet taas ovat niin sanottuja yleisiä tarttujatyyppejä. Yhtä tarrainta voidaan käyttää useisiin kappalekokoihin. Alipainetarrain soveltuu parhaiten levymäisille työkappaleille. Kuvassa 14 on esimerkki robottiin kiinnitetystä vakuimitarttujasta.



Kuva 14, Vakuimitarttuja työssään (Schmalz)

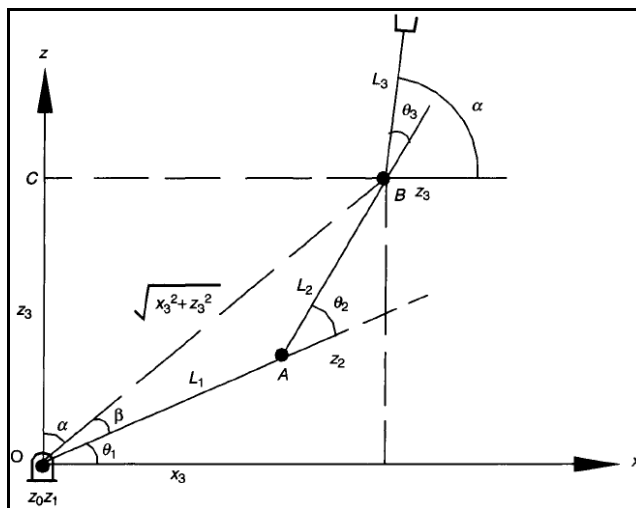
3.5 Kinematiikka

Kiertyvänivelisen robotin kinematiikassa on pääosin kaksi laskentasuoritusta nivelien ajamiseksi tiettyyn pisteeseen. Suora kinematiikka eli Forward transformation ja käänteinen kinematiikka eli Inverse transformation. Kuva 15 esittää Forward transformation- laskennan periaatteen. Siinä lasketaan robotin työkalun asemaa robotin maailmakoordinaatiston suhteen liikkeen aikana. Määritelmä: Kaikkien nivelien kulmat on annettu ja vaaditaan annetun pisteen asema. (Onwubolu 2005, 545)



Kuva 15, Suora kinematiikka (Onwubolu 2005, 546)

Inverse transformation-laskenta taas määrittää, montako astetta nivelten täytyy kääntyä työkalun asettuessa annettuun pisteeseen. Kuvan 16 osoittama käänteinen kinematiikka on matemaattisesti monimutkainen toteuttaa. Määritelmä: Jonkin pisteen asema annettu ja vaaditaan kaikkien nivelien astekulma. (Onwubolu 2005, 546)



Kuva 16, Käänteinen kinematiikka (Onwubolu 2005, 547)

3.6 Robotin paikannuskäsitteet

Roboteissa käytettyjä paikannuskäsitteitä voidaan listata seuraavasti:

- **Resoluutio:** Pisteiden määrä, johon robotti voidaan ohjelmoida kurkottamaan.
- **Tilaresoluutio:** Pienin mahdollinen inkrementti, jonka robotti voi liikkua. Riippuu mm. kontrolliresoluutiosta ja mekaanisista epätarkkuuksista.
- **Elektromekaaninen ohjausresoluutio:** Nivellinkkujen mekaaninen limitti ohjelmoida siihen liittyvät paikkapisteet.
- **Ohjausresoluutio:** Paikkakontrollerin ja mittalaitteiston takaisinsyötön määrittelemä. Maksimiresoluutio, minkä jokainen nivel omaa mekaanisen- ja ohjausresoluution välillä.
- **Toistettavuus:** Miten lähelle robotti menee samaan pisteeseen kuin edellisellä kerralla.
- **Tarkkuus:** Miten lähelle jotain pistettä robotti voi päästä.

Paikannuskäsitteiden mahdollisia virheitä saattaa esiintyä kinemaattisten ja kalibrointi-tekniisten virheiden tuloksena. Myös satunnaiset virhetekijät, kuten rakenteelliset taipumat saattavat aiheuttaa paikannusvirheitä. (Onwubolu 2005, 549)

3.7 Robotin liikekäskyt

Robotti voidaan ohjelmoida liikkumaan eri komennoilla pisteeseen. Pyörähdysliike (slew) on yksinkertaisin liikemuoto. Liike alkaa kaikilla akseleilla yhtä aikaa, mutta jokainen akseli pysähtyy ennakoidun ajan jälkeen, jonka on laskettu riittävän paikoitus-pisteeseen saavuttamiseen. Tämä liike kuluttaa robotin niveliä. (Onwubolu 2005, 551)

Nivelliike (joint) on liike, jossa kaikki akselit aloittavat ja lopettavat samaan aikaan. Liike tarvitsee vain nopeuden saavuttaakseen paikoituspisteeseen lyhimmissä ajassa. (Onwubolu 2005, 551)

Suora lineaarinen liike (linear) on ainut keino liikuttaa työkalua suoraan työtilassa. Sitä käytetään vain tarvittaessa. Esimerkinä tästä ovat hitsausliikkeet. (Onwubolu 2005, 552)

4 Etäohjelmointi

Robottien etäohjelmoinnilla eli offline-ohjelmoinnilla tarkoitetaan ohjelmointiprosessin suoritusta muualla kuin itse robottisolussa. Koska robottia ei tarvitse pysäyttää ohjelmoinnin ajaksi, voidaan ohjelmointi suorittaa tuotantoa häiritsemättä. Etäohjelmointi parantaa tuotannon laatua, lisää joustavuutta ja lyhentää seisokkiaikoja. (Robottien etäohjelmointi 2007, 4)

Offline-ohjelmointi antaa mahdollisuuden kappaleen valmistuksen simuloimiseen ennen varsinaiseen tuotantoon siirtymistä. Tällöin koekappaleiden määrä vähenee ja liikeradat voidaan tarkastaa ja tarvittaessa korjata etukäteen. Onnistunut etäohjelmointi vaatii valmistettavien osien mittatarkkuutta ja solun komponenttien tarkkaa layout-suunnittelua. (Robottien etäohjelmointi 2007, 5)

4.1 Etäohjelmoinnin työn kulku

Etäohjelmoinnin kulku voidaan esittää seuraavan karkean kaavan mukaisesti.

Ensimmäisenä offline-ohjelmaan mallinnetaan tuotantosolu mahdollisimman tarkasti. Robotti otetaan yleensä ohjelman valmiista robottikirjastosta. Robottiin liitetään työkalu, ja robotin liikkeen kannalta oleelliset solun komponentit mallinnetaan. (Famos Robotic)

Seuraavaksi asetetaan robotin ja solun parametrit. Mahdolliset riippuvuudet, I/O-liitännät ja rekisteriarvot annetaan ohjelmalle. Lisäksi asetetaan työkalun keskipiste (TCP). (Famos Robotic)

Seuraavassa vaiheessa ohjelmoidaan robotin pisteet ja liikeradat. Pisteiden paikat tulevat lähes aina työkappaleen mukaan, olipa työkappale kiinni jigissä tai robotissa. Pisteisiin ja liikeratoihin liittyvät prosessiparametrit annetaan ja kiihtyvyydet, lähestymisradat, toistot ym. määritellään. (Famos Robotic)

Seuraavana voidaan suorittaa simulointi. Simuloinnissa tarkastellaan, pystyykö robotti suorittamaan annetut liikeradat. Simuloinnissa mahdollisesti esiintyvät viat tai liikera-tojen epäpuhtaudet tulee korjata. Myös mahdollisten anturien ym. simulointi voidaan suorittaa ohjelmassa. (Famos Robotic)

Kun ohjelma on simuloitu ja testattu, voidaan generoida robotin ohjelma ja siirtää se oikeaan tuotantosoluun. Ohjelma on vielä testattava huolella tuotantosolussa, ennen kuin voidaan siirtyä lopulliseen tuotantoon. (Famos Robotic)

4.2 Sovellukset

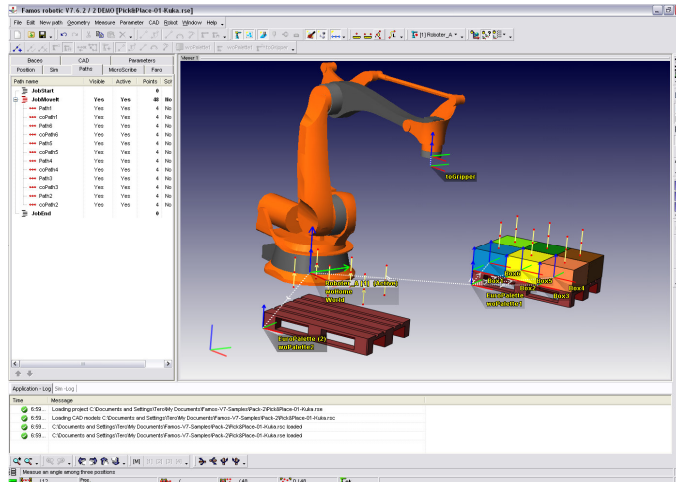
Offline-ohjelmia on saatavilla sekä robottivalmistajien omia tai ns. geneerisiä versioita. Eri robottivalmistajat tarjoavat omille robottimalleilleen sopivia ohjelmistoja. Geneeriset ohjelmistot saattavat tarjota useiden eri robottivalmistajien malleja ohjelmistossaan. (Robottien etäohjelmointi 2007, 8)

Tämän työn tausta-aineiston hankkimiseksi otettiin yhteyttä joihinkin geneerisiä ohjelmistoja ohjelmoiviin yrityksiin. Tarkoituksena oli kartoittaa tarjontaa ja mahdollisesti käyttää joitain ohjelmistoja työn saattamiseksi valmiiksi. Seuraavassa on esitelty joitain geneeristen ohjelmistojen tietoja omien testikokemuksien kautta.

4.2.1 FAMOS Robotic

Famos Robotic on kaupallinen ohjelmisto geneeriseen robottien ohjelmointiin. Ohjelmistosta on saatavilla demoversio hyvin rajatuilla ominaisuuksilla Famos Robotic -kotisivuilta. Ohjelmistosta saatiin pitkällisen keskustelun jälkeen 90 päivän koeversio solussa käytettävän robotin sisältämällä kirjastolla. Ohjelmalla suoritettiin paikoitukset ja joitain mitoitustehtäviä hyvin harvinaiselle solun robotille. Käyttöympäristö oli hyvin kehittynyt ja pisteiden opetus helppoa. Robotin kinematiikan hallinta puolestaan oli vaikeaa. Muita ohjelman miinuspuolia olivat olemattomat robotin jogging- toiminnot sekä se, että ohjelmalla ei voitu simuloida I/O-tietoja. Lopulta itse robotti-ohjelma luotiin robottivalmistajan omalla ohjelmistolla, jossa kuitenkin ei ollut tässä työssä käytettävää robottia.

Famos Robotic -ohjelman hintatietoja ei saatu kyselyistä huolimatta. Kuvassa 17 on esitetty Famos Robotic -käyttöliittymä.

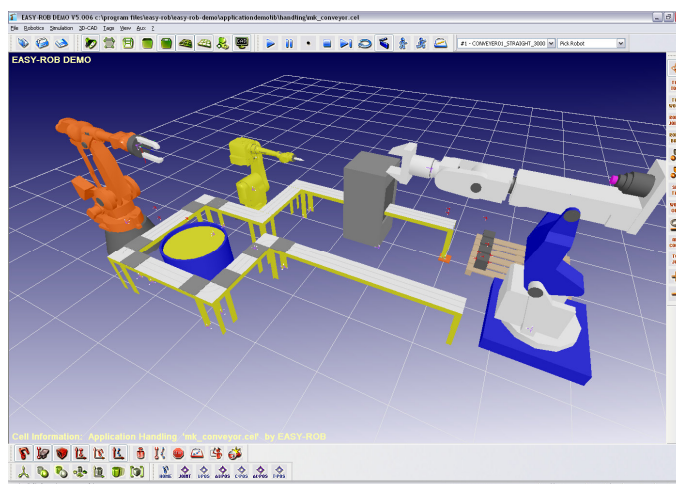


Kuva 17, Famos Robotic -demo

4.2.2 Easy-Rob

Easy-Rob oli toinen ohjelmistotalo, johon otettiin yhteyttä. Ohjelmassa oli erittäin helppo käyttöliittymä. Pisteiden paikoitus ja orientaatio oli erittäin helppoa.

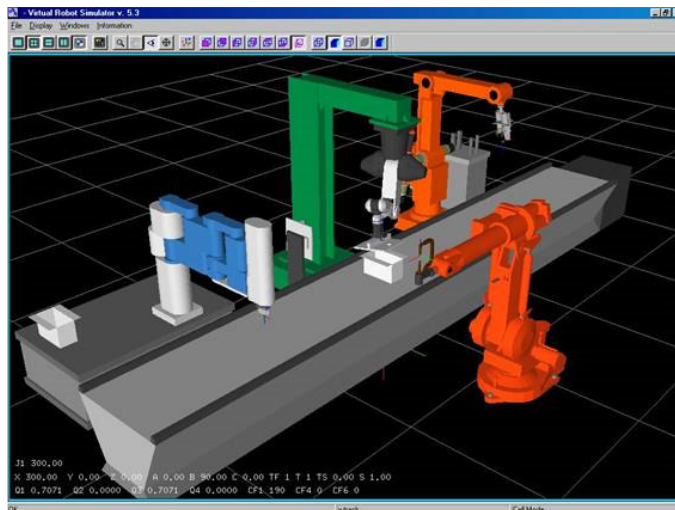
Robottikirjastoja on saatavilla useita, mutta ne ovat yleensä maksullisia. Ohjelmalla voi simuloida I/O-tietoja, ja simuloitujen ohjelmien voidaan kääntää eri robottivalmistajien kielelle. Valitettavasti tästä ohjelmasta sai käyttöön vain kotisivuilta saatavan demo-version. Opiskelijaversioon ja kaupalliseen versioon saatiin tarjoukset, jotka kuitenkin budjettisyydestä hylättiin. Kuvassa 18 Easy-Rob -ohjelman käyttöliittymä.



Kuva 18, Easy-Rob -demo

4.2.3 Muut ohjelmat

Myös muihin generisiin ohjelmistojen valmistaviin ohjelmataloihin oltiin yhteydessä, mutta vain kahdesta niistä oltiin yhteydessä takaisin. Myös joihinkin täysin ilmaisiin ohjelmiin tutustuttiin. Näistä mainittakoon VRS, Virtual Robot Simulator, joka on vapaassa jakelussa oleva offline-ohjelma. Vapaissa ohjelmissa käyttöliittymät ovat vanhahkoja ja kaikki asetukset joudutaan yleensä tekemään itse robotin mallinnuksesta alkaen. Siten näiden ohjelmien hyöty ei tule esiin kovinkaan helpolla.



Kuva 19, VRS käyttöliittymä

5 Käytetyn robotin hankinta

Käytetyn robotin hankinta saattaa olla halpa tapa aloittaa robotisointi. Robottikannan kasvu tuo markkinoille yhä useampia hyväkuntoisia käytettyjä robotteja. Rintaluoma Oy:llä on omakohtaisia kokemuksia käytettyjen robottien hankinnasta ja käyttöönotosta. Seuraavassa käydään läpi joitain pääkohtia, joita tulisi ottaa huomioon, kun ollaan hankkimassa käytettyä robottia. (Käytettyjen robottien ongelmakenttä)

Käytetyn robotin hankintaprosessissa on syytä pitää mielessä seuraavia seikkoja:

- Millainen käyttöhistoria potentiaalisella robotilla on?
- Mikä on robotin alkuperäinen asennusvuosi ja käyttötunnit?
- Minkälainen käyttösovellus ja käyttöympäristö robotilla on ollut?
- Mikä on robotin huoltohistoria?
- Mikä on varaosien saatavuus?
- Onko robottimalliin saatavilla koulutusta?
- Saako robottiin takuuta?

Lisäksi olisi ehdottomasti kysyttävä miksi kyseinen robotti on myynnissä. Minkä takia myyjä ei hyödynnä? (Käytettyjen robottien ongelmakenttä)

Käytettyjen robottien kauppa on saanut aikaan useita yrityksiä maailmassa. Myös jotkin robottivalmistajat ovat alkaneet myydä valmistamiensa robotteja käytettyinä. Näistä esimerkkinä mainittakoon ABB, joka myy tarkistettuja robotteja käytettyinä. (ABB Robotics)



Kuva 20 , ABB-robotteja (ABB Robotics)

6 Työn taustat (Ei julkaista)

7 Tuotantosolun robotti (Ei julkaista)

8 Työn kulku (Ei julkaista)

8.1 Mekaaninen suunnittelu

8.1.1 Layout-suunnittelu, osa 1

8.1.2 Työkalusuunnittelu

8.1.3 Tarttujan anturointi

8.1.4 Layout-suunnittelu, osa 2

8.1.5 Solun muut anturit

8.1.6 Pneumatiikkasuunnittelu

8.2 Ohjaussähkösuunnittelu

8.2.1 Robotin digitaaliset tulot ja lähdöt

8.2.2 Robotin toimilaitteet

8.2.3 Kommunikaatio työstökeskuksen kanssa

8.2.4 Turva-aita

8.2.5 Tulokuljetin

8.2.6 Majakka ja muut valinnaiset liitännät

8.3 Törmäystarkastelut annetulle robotille

9 Robotin ohjelma (Ei julkaista)

9.1 Alustavat ohjelmointitehtävät

9.2 Pisteiden opettaminen ja polun luominen

9.3 Ehtojen lisääminen

9.3.1 Ohjelman aloitus

9.3.2 Keskeytykset eli interruptit

9.3.3 Työstettävien levyjen käsittely

9.3.4 Muut toiminnot

9.3.5 Pääohjelma

9.4 Simulointi

10 Tulevaisuus ja parannusehdotukset (Ei julkaista)

11 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoite oli suunnitella CNC-levyntyöstökeskuksen robotisoitu palvelu. Vaikka soluun ennalta valittu robotti ei välttämättä ollut paras mahdollinen valinta juuri tähän työhön, robotti saatiin paikoitusmittausten jälkeen sopimaan tilaansa. Robottia jouduttiin kuitenkin tuomaan alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen vähän ulospäin, jotta kaikki ulottuvuustarpeet saavutettiin.

Robotin toimilaitte- ja työkalusuunnittelu oli kohtalaisen suoraviivaista, ja muutamia parannusehdotuksia työkalun rakenteeseen heräsi jo heti alkumetreillä. Niitä ei kuitenkaan viety vielä alustavia 3D-kuvia pidemmälle. Ehkäpä jopa uuden lopputyön aihe tuleville insinööriopiskelijoille?

Robotin ohjelma on perusohjelmaksi riittävä. Paikoituspisteiden ja offset- siirtojen riittävyydet täytyy kuitenkin vielä asennusvaiheessa tarkastaa, koska ohjelmoinnissa käytetty robotti salli paljon suuremman työtilan, kuin mihin lopullinen robotti pystyy. Myös ehtoja täytyy vielä asennus- ja käyttöönottovaiheessa hienosäätää.

Työn niin sanottu teoriaosuus oli antoisa, ja siitä on toivottavasti hyötyä joillekin robotiikasta ja etäohjelmoinnista kiinnostuneille. Koska työ tehtiin kokonaisuudessaan etänä muutamia tehdasvierailuja lukuun ottamatta, pääsivät etäohjelmoinnin mahdollisuudet hyvin esiin. Tosin virtuaalimaailmassa ohjelmointi ei ole niin antoisaa kuin normaali robotin opettamalla ohjelmointi.

Lähteet

ABB IRB 6400R Product manual.pdf. ABB IRB 6400R käyttöopas.

ABB Robotics. [www-sivu]. [Viitattu 9.5.2010] Saatavissa:
<http://www.abb.com/robotics>

Assembly Automation [www-sivu]. [Viitattu 20.5.2010] Saatavissa:
<http://www.pe.tut.fi/akp/robotit.html>

Famos Robotic. Operating Instructions. Etäohjelmointiohjelman käyttöopas

Finnrobotics Oy. [www-sivu]. [Viitattu 3.5.2010] Saatavissa:
<http://www.finnrobotics.fi/?sivu=robotit&malli=st70l-100>

Käytettyjen robottien ongelmakenttä [Online] [Viitattu 5.5.2010] Fastems, Huovilainen, H. 2006

Manipulaattorit vs. robotit; Seminaarityö, Teknillinen Korkeakoulu, Tuotantoautomaatio. Vanamo, Ylenius. 2008 [Online] [Viitattu 4.5.2010] Saatavissa:
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/kon15.4119/materiaali/seminaari_manipulaattorit_pdf.pdf

Onwubolu, C.; Mechatronics: Principles And Applications. Butterworth-Heinemann Ltd, 2005. 645 s.

Rintaluoma Oy. [www-sivu]. [Viitattu 2.5.2010] Saatavissa:
<http://www.rintaluoma.fi/>

Robottien etäohjelmointi; Seminaarityö, Teknillinen Korkeakoulu, Konetekniikan osasto. Kyyrö, Viitamäki, Vuorela. 2007 [Online] [Viitattu 4.5.2010] Saatavissa:
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Konepaja/tuotantotekniikka/opetus/4119/Jakeluun/robottien%20et%E4ohjelmointi.pdf>

Sandin, Paul E.; Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated. McGraw-Hill Companies, Inc, 2003. 299 s.

Työstökoneiden panostus ja palvelutehtävät; Seminaarityö, Teknillinen Korkeakoulu, Konetekniikan osasto. Rekolainen, Kananen. 2008 [Online] [Viitattu 4.5.2010] Saatavissa:
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/kon-15.4119/materiaali/seminaari_panostus_pdf.pdf

Liitteet