

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Jani Rytkö

FANUC-ROBOTIN INTEGROINTI KONETEKNIIKAN OPETUKSEEN

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2021



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Jani Rytö

Nimeke
Fanuc-robotin integrointi konetekniikan opetukseen

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena on Fanuc-robotin integrointi Karelian konetekniikan opetukseen. Tavoitteena oli luoda helposti ymmärrettävä ohjekirja, jonka sisältönä on ohjelman teko suoritettaessa kämmenlaiteohjelmointia. Työn tulosta on tarkoitus käyttää tukemaan opetus työtä ja toimia näin ohjeistuksena tulevien vuosien konetekniikan opiskelijoille. Opinnäytetyön tuloksena syntyi myös laaja katsaus eri robottimalleista sekä selvitys, kuinka robotit ovat tulleet osaksi teollista tuotantoa.

Kieli
Suomi

Sivuja 33
Liitteet 5
Liitesivumäärä 17

Asiasanat
Fanuc, robotti, opetus, ohjelmointi



THESIS
April 2021
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Rytkö Jani

Title
Integration of the Fanuc Robot into the Teaching of Mechanical Engineering

Commissioned by
Karelia UAS

Abstract

The topic of this thesis is the integration of the Fanuc robot into the teaching of mechanical engineering in Karelia UAS. The goal was to create an easy-to-understand instruction manual that contains program creation when performing handheld programming. The result of the work is to be used to support the teaching work and thus serve as a guide for future students of mechanical engineering. The work also includes an extensive overview of different robot models, as well as an explanation of how robots have become part of industrial production.

Language
Finnish

Pages 33
Appendices 5
Pages of Appendices 17

Keywords
Fanuc, robot, teaching, programming

Sisältö

1	Sanasto.....	6
2	Johdanto	7
3	Karelia-ammattikorkeakoulu	8
4	Robotti	9
4.1	Historia	9
4.2	Tilastoja	11
4.3	Robottien määritelmä.....	12
5	Robottien rakenteet.....	13
5.1	Suorakulmainen (Cartesian robot).....	13
5.2	Sylinteri (Cylindrical robot).....	14
5.3	Napakoordinaatisto (Spherical or Polar robot).....	14
5.4	Scara-robotti	15
5.5	Kiertyvä nivel (Articulated robot).....	15
5.6	Rinnakkaisrakenteinen (Delta robot).....	16
6	Koordinaatistot.....	17
6.1	Maailmankoordinaatisto.....	17
6.2	Peruskoordinaatisto	18
6.3	Työkalukoordinaatisto.....	18
7	Liikkeet.....	19
7.1	Nivelliike (Joint).....	19
7.2	Lineaariliike (Linear)	19
7.3	Kaariliike (ARC)	20
7.4	Ympyräliike (Circular)	20
8	Paikoitus	21
8.1	Hieno (FINE).....	21
8.2	Karkea (CNT).....	21
9	Tulot ja lähdöt	22
10	Hyviä ja huonoja puolia.....	22
11	Työkalut	23
11.1	Mekaaniset toimilaitteet	24
11.2	Alipaine toimitukset.....	24
11.3	Magneettiset	24
11.4	Erikoistarraimet.....	24
12	Ohjelmointi.....	25
12.1	Tärkeimmät tehtävät	25
12.2	Johdattamalla ohjelmointi	25
12.3	Käsi ohjelmointi.....	25
12.4	Tietokonepohjainen	26
12.5	Layout-ohjelmointi.....	26
12.6	Muototieto-ohjelmointi.....	26
12.7	Ohjelmointikielet	27
13	Koordinaatistojen asettelu.....	27
13.1	Kämmenlaite.....	27
13.2	Kolmen pisteen	28
13.3	Kuuden pisteen.....	28
13.4	Suoraan asettelu.....	28
13.5	Kahden pistettä + z.....	28
13.6	Robot guide	29

14	Robottisolu.....	29
14.1	Robotti.....	29
14.2	Ohjainyksikkö.....	30
14.3	Virtakytkin.....	30
14.4	Kolme-asentoinen valitsin.....	31
14.5	Käynnistin.....	31
14.6	Hätäseis.....	32
14.7	Käsiohjain.....	32
14.8	Deadman switch.....	34
15	Opinnäytetyön tekeminen.....	34
15.1	Kirjallisuusnäyte.....	34
15.2	Tutustuminen tehtäviin.....	35
15.3	Tekeminen.....	35
15.3.1	AloitUS.....	35
15.3.2	Testaaminen.....	36
15.3.3	Muutokset.....	36
16	Tulokset.....	36
16.1	Tietopaketti.....	36
16.2	Ajoharjoitus.....	36
16.3	Harjoitus TCP.....	37
16.4	Ohjelmointi.....	39
16.5	User Frame.....	40
17	Pohdinta.....	43
	Lähteet.....	45
18	Liite.....	46
	46	
18.1	Ajoharjoitus.....	7
18.2	TCP sijoitus.....	14
18.2.13	pisteen asettelu.....	18
18.2.26	pisteen asettelu.....	20
18.2.32	pisteen +Z asettelu.....	23
18.2.4	Suoraan listalle asettelu.....	23
18.3	Ohjelmointiharjoitus.....	24
18.4	User Frame.....	30

1 Sanasto

DEGREES OF FREEDOM	Jokaisella robottityypillä on erilaiset liikkumis- rajat eli vapausasteet. Näihin vaikuttavat kyseisen mallin rakenteet. Kuusi vapausastetta on tarpeeksi, jolla robotti kykenee tavoittamaan kaikki pisteet kolme ulotteisessa tilassa.
JOINT	Tämä on kohta, josta robotin kiinteät kappaleet pääsevät liikkumaan. Näitä liikkeitä ovat pyörivät, kiertyvät, liukuvat, taipuvat.
LINK	Kiinteä kappale käden rakenteessa.
ORIENTATION AXES	Useimmiten käytettyjä ovat kiertyminen, kallistuminen, kääntyminen ja liukuminen.
PAYLOAD	Kuorma, jota robotti kykenee käsittelemään turvallisesti tarkkuuden kärsimättä.
POSITION AXES	Työkalu voi liikkua avaruudessa monin eri tavoin orientaation sitä rajoittamatta.
SETTLING TIME	Aika, joka menee kulkiessa viimeisestä työpisteestä määritelyyn pisteeseen, josta uusi kierros voi alkaa.
SPEED	Kovin nopeus, jolla työkalua voidaan käyttää.
TOOL CENTER POINT(TCP)	Työkalun keskipiste, joka usein on sijoitettu johonkin kohtaan työkalussa.
WORK SPACE	Roboteilla on erilaisien rajoitteitten takia rajoitettu työkentelytila, joihin sen ulottuvuus riittää.

(Godfrey 2005, 532.)

2 Johdanto

Karelian-ammattikorkeakoulun luennoitsijan kanssa käymäni keskustelu koulun laboratorioon hankitusta uudesta liikuteltavasta Fanuc robotista toi esiin puutteen opetusmateriaalista. Oli saatu uusi robotti, mutta sille ei ollut olemassa selkeitä ohjeita, kuinka oppilaat pääsevät ymmärrykseen robotin ohjelmoinnista. Tarkoituksena oli luoda materiaali, josta olisi helppo sisäistää, kuinka päästä alkuun ohjelmoinnista mahdollisimman havainnollisesti ja informatiivisesti yksinkertaisin harjoituksin. Teollisuuden robotit ovat todella nopeasti kasvava ala kone-tekniikassa minkä takia on hyvä myös Karelian vastata tarpeeseen, jonka edessä ovat koulusta valmistuvat insinöörit heidän kohdatessaan työelämän vaatimus tuntea robotiikka ainakin perustasolla.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on helpottaa käsiajolla tapahtuvan ohjaamisen/ohjelmoinnin oppimista. Näin opiskelijat saavat eniten irti opetuksesta ja voivat keskittyä koneen käyttöön, eikä aikaa tarvitse tuhjata siihen, että etsii luotettavaa tietoa vaan kaikki olisi valmiiksi koottu yhteen teokseen.

Teoksessa on liitteenä hyvin havainnollisesti avattuja tehtäviä, joiden kanssa pääsee helposti alkuun robotin kanssa tekemisestä ja luoden selkeän opetusrunon Fanuc teollisuusrobotin käyttöön opetuksessa.

Ammattikorkeakoulu haluaa omalta osaltaan tarjota opiskelijoille laadukasta opetusta ja laajaa tietämystä alasta, vaikka ei varsinaisesti ole automaatio-suuntainen opetussuunnitelmaltaan. Koulun tavoite on myös vasta tehokkaammin nykypäivän työelämän vaatimuksiin. Tavoiteltavaa on myös saada tehokasta käyttöä kouluun saadulle robotille.

Yksi teoksen tekijän tärkeimmistä lähtökohdista oli oman robotin ja robotiikan tietämyksen lisääminen sekä näin tukea jatko-opintoja. Opinnäytetyön teoriaosuus käsittelee laajasti robottien rakenteita sekä erilaisia tapoja tuottaa toimintoja.

3 Karelia-ammattikorkeakoulu

Karelia-ammattikorkeakoulu on aloittanut toimintansa vuonna 1992, ja sen asema on vakinaistettu 1996 muiden ammattikorkeakoulujen rinnalle.

Karelia-ammattikorkeakoulu käsittää kaksi kampusta. Tikkamäellä keskitytään terveydenhoitoalaan, kun Wärtsilän kampuksen kohteena on erialojen insinöörit.

Tikkamäellä opetetaan seuraavat AMK-tutkinnot:

- fysioterapeutti
- sairaanhoitaja
- terveydenhoitaja
- sosionomi
- medianomi
- musiikkipedagogi

Ylemmän AMK-tutkinnon koulutukset

- sosiaali- ja terveystalouden kehittäminen ja johtaminen
- ikäosaaminen

Wärtsilän kampuksella koulutetaan tekniikkaa sekä taloutta:

- insinööri, energia- ja ympäristötekniikka
- insinööri, konetekniikka
- insinööri, metsätalous
- insinööri, rakennustekniikka
- insinööri, talotekniikka
- insinööri, tieto- ja viestintätekniikka
- insinööri, sähkötekniikka
- restonomi
- Bachelor of Business Administration, International Business
- tradenomi, liiketalous
- tradenomi, tietojenkäsittely

Ylemmän AMK-tutkinnon koulutukset

- Johtaminen ja liiketoimintaosaaminen
- Teknologiaosaamisen johtaminen

- Uusiutuva energia

Vuonna 2019 koulun opiskelija määrä oli 3867. Vuodessa opiskelijoita otetaan sisään noin 800kpl. Henkilökuntaa on 303. (Karelia 2021.)

4 Robotti

4.1 Historia

Englannin kielellä sana "rabot" löytyy ensimmäisen kerran tšekkoslovakialaisen Karel Capekin 1920 luvun alussa kirjoittamasta teoksesta *Rossum` s Universal Robots*. Tšekkiläinen sana "robota" tarkoittaa pakotettua työläistä. Englanniksi sana käännettiin "robot", josta tulee suomalaisten käyttämä sana robotti. Teoksessa tiedemies valmistaa protoplasman avulla robotteja palvelemaan ihmisiä, joita nykytiedon mukaan kutsuttaisiin androideiksi. Todellisuudessa teollisuusrobottien aika alkaa toisen maailmansodan jälkeen, kun vuonna 1948 englantilainen tutkija William Grey Walter, Burdenin Neurologisesta instituutista kehitti ensimmäisen elektronisesti toimivan robotin. Vuonna 1954 George Devol valmisti ensimmäisen digitaalisesti ohjelmoitavan robotin, jonka nimeksi tuli *Unimate*. Sama vuonna Cyril W. Kenward kehitti manipulaattorin, joka liikkuu xyz-koordinaatistossa. (Groover 2008, 205.)

Ensimmäisiä robotteja ohjattiin paperista valmistetuilla reikäkorteilla, joita elektroniset silmät pystyivät havaitsemaan. Tekniikan kehittyessä tilalle tuli muisteilla varustettuja laitteita, ja seuraava kehitysaskel olivat tietokoneet. (Saeed 2010, 5.)

Robottien kehityskaaren tärkeimpiä vuosilukuja.

- 1952 Ensimmäinen numeraalisesti ohjattu kone rakennettiin. (MIT)
- 1962 GM otti ensimmäisen Unimate-robotin käyttöön.
- 1967 Unimate esitteli Mark2:se n. Ensimmäinen meni Japaniin maalaus-robotiksi.
- 1973 Cincinnati Milacron esitteli T3:n, josta tuli erittäin suosittu.
- 1982 GM ja Fanuc alkoivat valmistaa GMFanuc robotteja.
- 1986 Honda esitteli ensimmäisen ihmisen kaltaisen robotin H0. Asimomallin he esittelivät vuonna 2000.

(Saeed 2010, 5.)

- 1984 Adept esitteli ensimmäisen scara robotin.
- 1992 Can-Bus ohjaus tuli markkinoille.
- 1994 Motoman julkaisi MRC:n joka kykeni ohjaamaan 2 robottia saman aikaisesti.
- 1996 Kuka valmisti ensimmäisen PC pohjaisen ohjelmoinnin.
- 1999 Kuka, Internet pohjainen diagnostiikka.
- 2003 Robotti lähetettiin marssiin.
- 2004 Motoman julkaisi NX100sen, joka kykeni ohjaamaan 4 robottia jopa 38 akselia saman aikaisesti.
- 2006 Motoman esitteli 7 akselisen yhden käden ja 13 akselisen 2 käden robotin.
- 2009 Yaskawa Motoman esitteli systeemin ohjata 8 robottia.
- 2011 Ensimmäinen ihmisen kaltainen robotti avaruuteen.

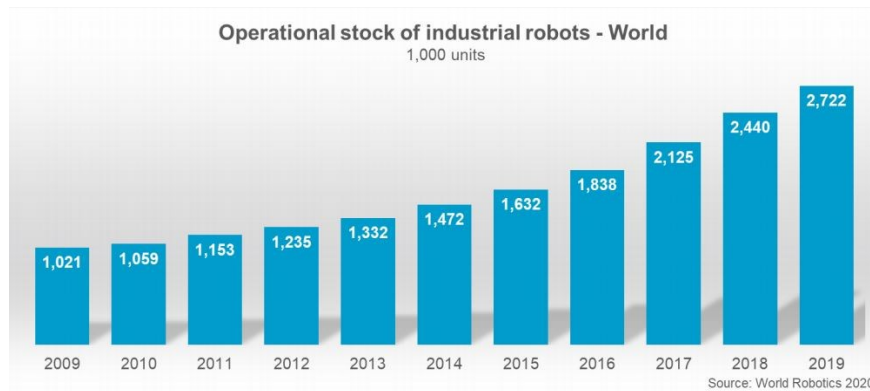
(International Federation of Robotics 2020)

Robottien valmistajia:

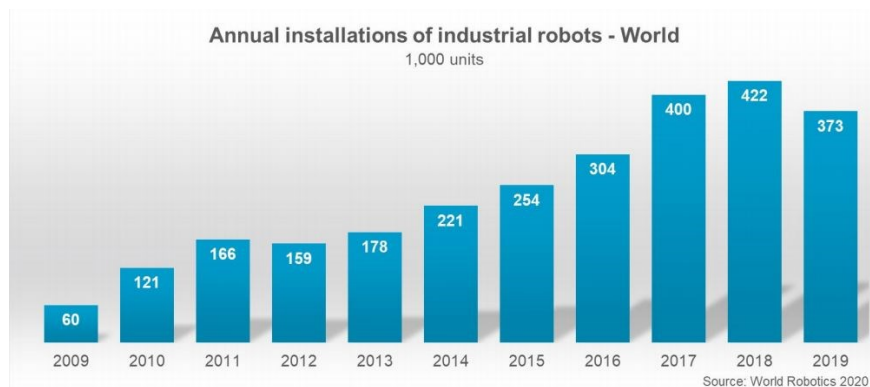
- ABB
- Fanuc
- KUKA
- Motoman (Yaskawa)
- Kawasaki
- Comau

4.2 Tilastoja

Seuraavista tilastoista voidaan havainnoida jo käytössä olevien (kuva 1) ja uusien robottien määriä (kuva 2).

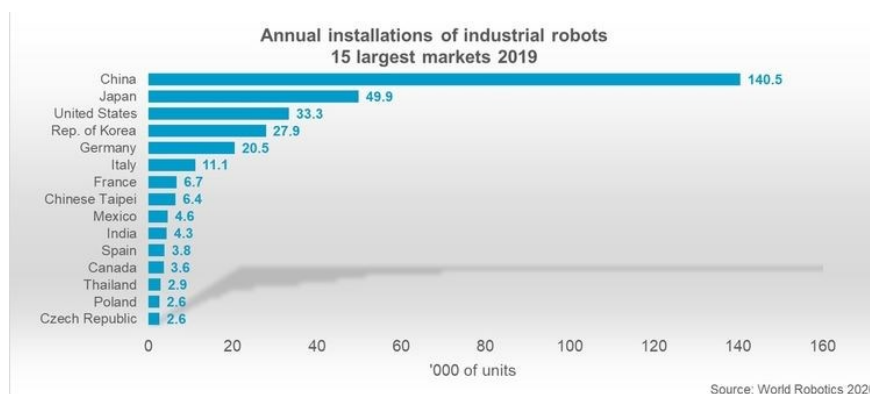


Kuva 1. Tällä hetkellä käytössä olevat robotit. (Kuva: International Federation of Robotics 2020).



Kuva 2. Asennusmäärä vuodessa. (Kuva: International Federation of Robotics 2020).

Uusien robottien markkinoiden kohdentuminen(kuva 3).




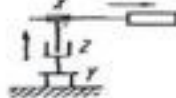








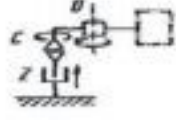







Kuva 3. 15 suurinta kohdemaata. (Kuva: International Federation of Robotics 2020).

4.3 Robottien määritelmä

Käsite robotti on tarkentunut niiden kehityksen mukana ja nykyisin se on seuraavanlainen.

Standardin ISO/DIS 8373 määritelmän mukaan teollisuusrobotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen, vähintään kolmenivelinen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennainen piirre. (Lehtinen 2020.)

Eri robotti malleille löytyy omat piirrosmerkit (kuva 4.)

Nimitys pääakselien mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatisto-robotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

Kuva 4. standardin mukaiset piirrosmerkit (kuva: Standardi ISO/DIS 8373).

Robottien erilaiset nivelrakenteet vaikuttavat vapausasteisiin ja näin työskentelyalueeseen. Useimmilla liikkeet ovat joko lineaarisia(prismatic) tai pyöriviä(revolute). Prismatic liikkeet ovat useimmiten hydraulisia tai pneumaattisia sylintereitä. (Saeed 2010, 11.)

Robotit ovat koneita, jotka suorittavat samanlaisia tehtäviä kuin ihmiset. Robotteja on joko mobilisoituja tai asemoituja. Mobilisoidut kykenevät liikkumaan työskentely alueella vapaasti. Asemoidut ovat lukittu yhteen kohtaan tästä esimerkiksi robottikädet. (Godfrey 2005, 531.)

5 Robottien rakenteet

5.1 Suorakulmainen (Cartesian robot)

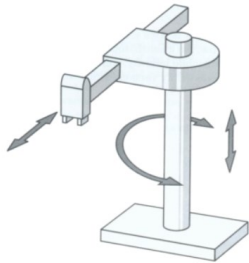
Jäykän rakenteensa ansiosta ne kykenevät käsittelemään suuria kuormia, joten niitä käytetään paljon nouto/vienti sovelluksissa esim. palletoinnissa (kuva5). Robotit ovat hyvin kookkaita ja näin omaavat huonon hyötysuhteen, sekä saattavat tarvita jonkinlaisen suojauksen, jos olosuhteet ovat vaativat. (Ahmed, Alnajjar, Eltanany 2021, 17.)



Kuva 5. Palletointi robotti (Kuva: Kuka 2021).

5.2 Sylinteri (Cylindrical robot)

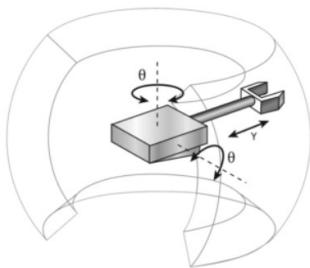
Rakenne sisältää kaksi liikkuvaa sylinteriä, näillä toimitaan x- ja y-akselin suhteen (kuva 6). Jalkaan voi olla sijoitettu laitteiston kiertyminen mahdollistava nivel, sekä tarpeen vaatiessa käteen voidaan sijoittaa kiertyvä nivel työkalun kohdistamista varten.



Kuva 6. Havainnekuva sylinterirobotista (Kuva: Process solutions 2021).

5.3 Napakoordiatisto (Spherical or Polar robot)

Tällä mallilla on tyypillisesti suuri työskentelyalue. Rakenteella voidaan käyttää suuria työkuormia. Rakenteen on puolipallomainen liikerata (kuva 7). Rakenteen huonona puolena on suuri kuollut alue. Tämä alue sijaitsee aivan laitteiston kiinnityspisteen läheisyydessä. Esimerkkinä käyttökohteista voidaan mainita prässien tyhjennys, joissa ei tarvita suuria y-akselin suuntaisia liikkeitä. (Ahmed ym. 2021, 18.)



Kuva 7. Rakenteen puolipallomainen liikerata (Kuva: Process solutions 2021).

5.4 Scara-robotti

Käytetään kohteissa, joissa tarvitaan suuria siirtonopeuksia. Soveltuu kevyille ja keskiraskaille kuormille. Tyypillisiä kohteita ovat esimerkiksi hitsaus ja poraus. Kykenee käyttämään hyödyksi koko maksimiulottuvuusalueensa, jolloin edes lähelle ei jää kuollutta aluetta (kuva 8). Työtehoa rajoittaa pystysuuntainen liike. (Ahmed ym. 2021, 18.)



Kuva 8. Scara-robotti ja sen työalue. (Kuva: Fanuc 2021).

5.5 Kiertyvä nivel (Articulated robot)

Nämä kuusi vapausakseliset mallit voivat tavoittaa minkä tahansa pisteen työskentely alueeltaan (kuva 9). Tämä mahdollistaa vaikeita liikkeitä tarvitsevia töitä kuten maalaus ja hitsaus. Robottimallia ei rajoita sen kiinnitys. Se voidaan kiinnittää lattiaan, seinään tai kattoon. Nivelten nimitykset kiinnityspisteestä lukien ovat, lantio, olkapää, kyynär, käsivarsi, ranne yksi ja ranne kaksi. Toimilaitteen kiinnityspiste on ranteessa kaksi.



Kuva 9. Yleisimmän robottityypin esimerkkikuva (Kuva: Fanuc 2021).

5.6 Rinnakkaisrakenteinen (Delta robot)

Rinnakkaisrakenteinen asennetaan lähes aina työkohteen yläpuolelle. Ainutlaatuinen kolmeakselinen käsittää kolme liikuttavaa sekä kolme seuraavaa niveltä, jotka on yhdistetty alapuolella olevaan tasoon, joka on käytännössä nollan muotoinen (kuva 10). Rakenne koostuu yläpuolen olevasta työakselista ja sitä seuraavasta siirtoakselista. Robotti kykenee liikuttamaan työkalua kolmeulotteisesti. (Groover 2008, 209.)

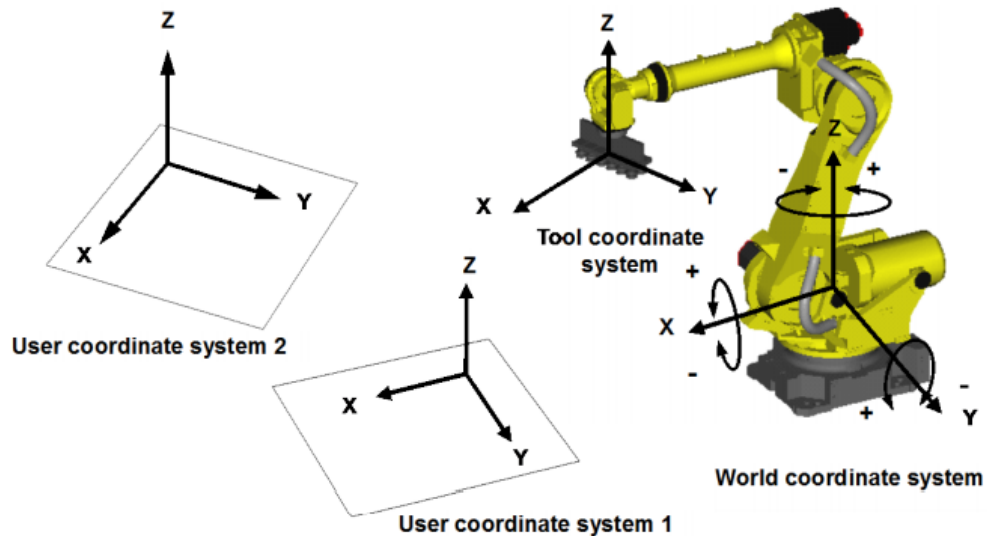


Kuva 10. Delta robotin rakenteen esittely (Kuva: Fanuc 2021).

6 Koordinaatistot

Roboteissa käytössä olevat koordinaatistot ovat usein suorakulmaisia ortonormeerattuja oikeakätisiä koordinaatistoja. (Kuivanen 1999, 20.)

Työskennellessään robotti käsittelee useita koordinaatistoja (kuva 11).



Kuva 11. Eri koordinaatistojen sijainti (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

6.1 Maailmankoordinaatisto

Maailmankoordinaatisto toimii robotin perustana.

Tämä koordinaatisto on sidottu robotin ulkopuoliseen toimintaan esimerkiksi rakenneukseen tai kuljettimeen. (Kuivanen 1999, 21.)

6.2 Peruskoordinaatisto

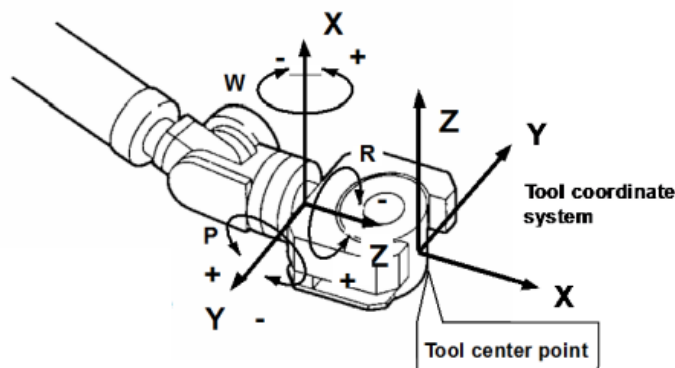
Peruskoordinaatistoa voidaan siirtää tilanteen mukaan, jotta se on helpompi käyttää. Siirroksen jälkeen se on sidoksissa alkuperäiseen koordinaatistoon, joka on robotin jalassa.

”Peruskoordinaatisto on robotin jalustaan sidottu koordinaatisto. Määritelmän mukaan tavallisella robotilla Z-akseli yhtyy ensimmäisen vapausasteen akseliin, X-akseli osoittaa ensimmäisen nivelen työalueen keskikohtaan ja XY-taso yhtyy lattiaan.” (Kuivanen 1999, 21.)

6.3 Työkalukoordinaatisto

Työkalukoordinaatisto on normaali XYZ-koordinaatisto, joka voidaan sijoittaa mihin kohtaan tahansa (kuva 12). Kuitenkin se on sidoksissa työkalun laippaan sijoitettuun koordinaatistoon, joka taas sitoo työkalun robotin ranteeseen. Sijoittamalla tämän koordinaatiston origo esimerkiksi hitsaus suuttimen kärkeen saadaan helposti ohjattua työkalun liike haluttuun pisteeseen. Näin toimittaessa liikkeen liikepiste on suuttimen kärjessä, ja robotin muiden osien liike ei vaikuta pisteeseen, jolloin mahdollisia asentoja on useita ja näistä on osattava valita järkevin, jotta saadaan työradoista sulavaliikkeisiä.

(Kuivanen 1999, 21.)

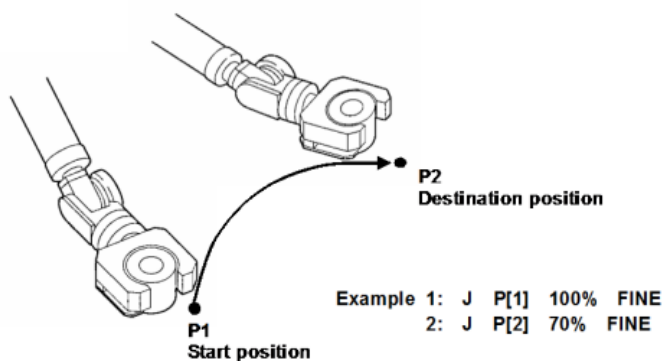


Kuva 12. TCP sijainti ja kiinnityslaipan (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

7 Liikkeet

7.1 Nivelliike (Joint)

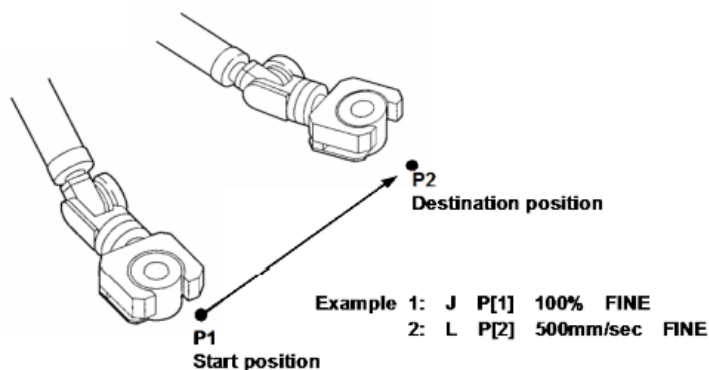
Tätä liikettä käyttäessään robotilla on täysi oikeus päättää nopein ja helpoin rata liikkua. Käden tekemä kaareva liike (kuva 13). Liikemuotoa on suositeltavaa käyttää, kun tilaa on tarpeeksi ja halutaan todella nopeita liikkeitä.



Kuva 13. Joint liikkeen mahdollistama kaareva liike (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

7.2 Lineaariliike (Linear)

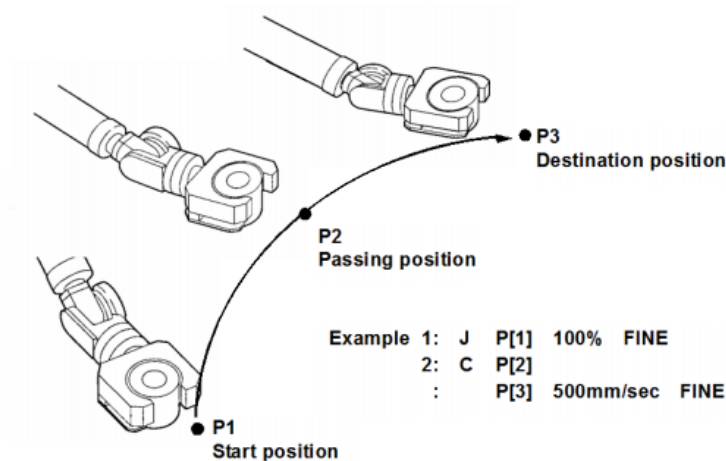
Lineaariliikettä käytetään, kun tahdotaan liikkua absoluuttisesti kahden pisteen välillä (kuva 14). Liikkeen hitauden takia on suositeltavaa käyttää vain pakosta kuten ahdas paikka tai tartuntapisteeseen tuleminen.



Kuva 14. Suoraliike 2 pisteen välissä (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe)

7.3 Kaariliike (ARC)

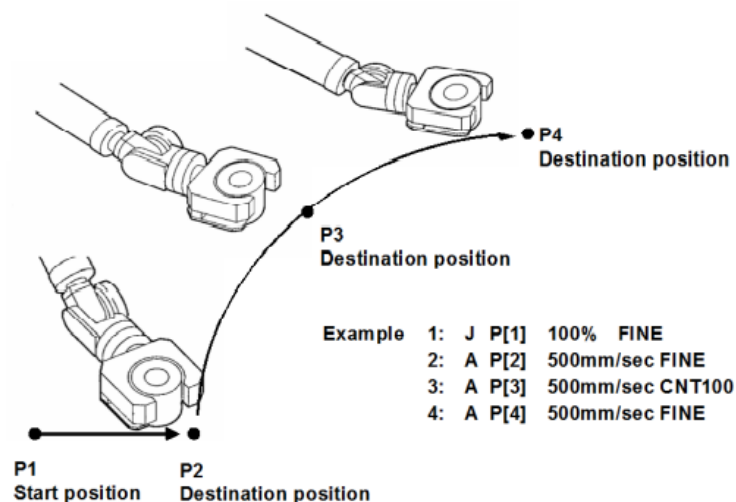
Opettamalla alkupiste, välipiste ja loppupiste saadaan muodostettua kaaren muotoinen liikerata. Ohjelma laskee kaaren alku- ja loppupisteen välille (kuva15).



Kuva 15. Alku- ja loppupisteiden merkitys (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

7.4 Ympyräliike (Circular)

Kun halutut pisteet sijaitsevat ympyrän muotoisella kehällä, voidaan se opettaa robotille näyttämällä sille alku ja loppupiste sekä yksi välipiste (kuva 16).



Kuva 16. ¼ osa muodostuneesta ympyrästä (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

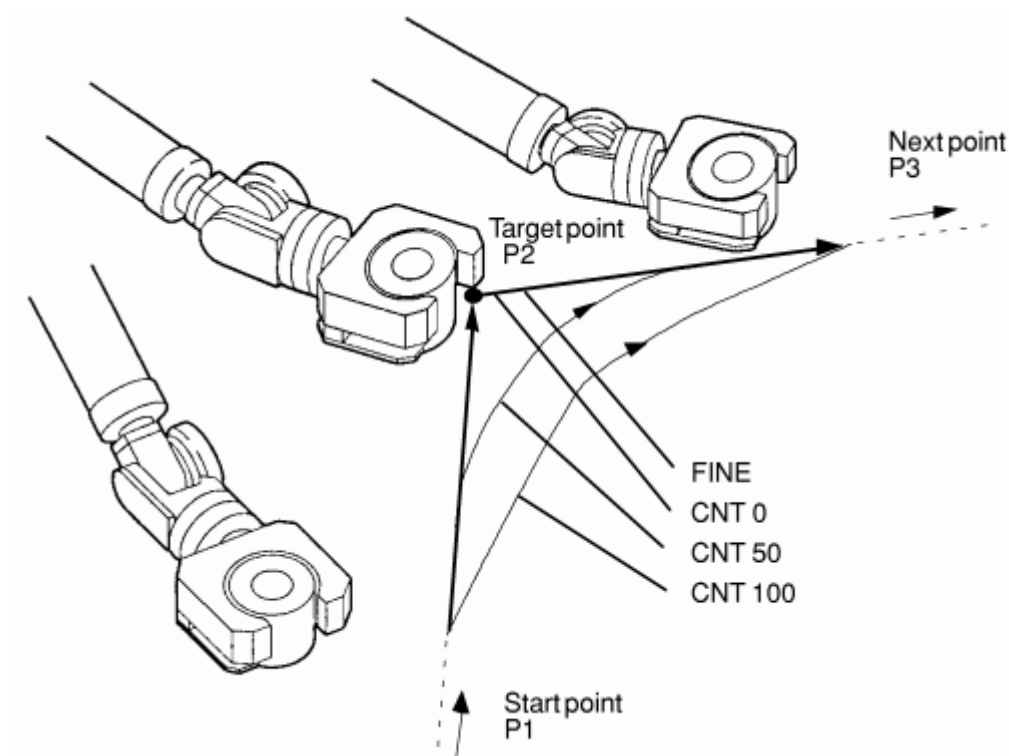
8 Paikoitus

8.1 Hieno (FINE)

Hienopaikoituksessa robotti kulkee tarkasti määrättyjen pisteiden kautta. Liikkeet ovat suorassa linjassa toisiinsa (kuva 17). Tällä asetuksella robotille ei anneta minkäänlaista mahdollisuutta oikaista pisteiden välillä.

8.2 Karkea (CNT)

Karkeassa paikoituksessa robotille annetaan mahdollisuus käyttää jouhevampia liikeratoja. CNT ilmaisee ympyrän säteen mitan, joka on ko. pisteen ympärille sijoitettu. Tämän ympyrän kehälle asti liike on kohtisuoraan pisteeseen, jonka jälkeen alkaa kaartaa kohden seuraavaa pistettä (kuva 17). Tämä kaarros päättyy kuitenkin jo ulkokehälle ja jatkuu kohtisuoraa linjaa kohti seuraavaa pistettä.



Kuva 17. Paikoituksen muutoksen osoitus (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

9 Tulot ja lähdöt

Robotti keskustelee tulojen sekä lähtöjen välityksellä ympäristönsä kanssa. Lähtevillä eli outputilla ohjataan toimilaitteita ja voidaan kertoa, missä tilassa tai sijainnissa robotti, milloinkin on. Tulo eli inputeilla saadaan tietoja muilta laitteilta tai antureilta. Analogiset I/O ovat jatkuvia signaaleja, joilla ilmaistaan suoria arvoja kuten lämpötilaa tai jännitettä. Jännitearvot liikkuvat asteikoilla 0...+10V tai -10...+10V. Virta arvoilla asteikot liikkuvat väleillä 0...20mA tai 4...20mA. Digitaaliset I/O. Näillä voidaan esimerkiksi saada inputin kautta tieto, onko kappale paikoillaan ja out putilla komentaa tarttujaa kiinnittymään kohteeseen. Digitaalinen signaali on joko päällä tai pois.(Kuivanen 1999, 52.)

10 Hyviä ja huonoja puolia

”Robotisointi on investointi, jonka kannattavuus on selvitettävä kustannus ja-investointi laskelmilla. Työvoimakulujen nousu tekee robotisoinnista yhä useammin kannattavan investointikohteen”. (Vainio 2009.)

Hyviä puolia roboteista ovat:

- Useassa tapauksessa lisää tuottavuutta, turvallisuutta, tehokkuutta ja laatua.
- Voivat työskennellä vaarallisissa olosuhteissa, kuten säteilyssä, pimeydessä, kylmät/kuumat olosuhteet, meren pohjassa ja avaruudessa.
- Eivät tarvitse valaistusta, ilmastointia, melusuojausta.
- Voivat työskennellä ilman että, uupuvat tai kyllästyvät. Ne eivät suutu, niillä ei ole krapulaa, eivät tarvitse vakuutuksia/lomia.
- Ovat useimmiten tarkempia kuin ihmiset.

Huonoja puolia ovat:

- Vähentävät työntekijöiden tarvetta ja aiheuttavat näin taloudellisia ongelmia ihmisille sekä tulee tarve kouluttaa ihmisiä uusiin tehtäviin.
- Ovat huonoja toimimaan ongelma tilanteissa, jos tätä ei ole voitu ohjelmassa ennakoita.
- Turvallisuus tulee huomioida, ettei operaattori tai koneet, jotka toimivat sen kanssa vahingoitu seuraavissa tilanteissa:
 - väärät komennot
 - tehojen katkeaminen
- Käyttävät tiettyjä aisteja, mutta ovat rajoitteellisia:
 - luovuudessa
 - päätöksen teossa
 - ymmärryksessä
 - liikkumisen vapaus asteissa
 - sensoreissa ja näkökyvyssä
- Ovat kalliita koska:
 - ostohinta ja asennus
 - tarvitsevat lisälaitteita
 - koulutuksen tarve
 - ohjelmointi

(Saeed B. Niku, 6.)

11 Työkalut

Usein robottien työkalut suunnitellaan ja valmistetaan jonkun muun toimesta kuin robotin toimittajan. Suunnitteluun vaikuttaa useat tekijät kuten, mitä ollaan siirtämässä koko/paino, siirron tarkkuusvaatimus, olosuhteet ja tietysti robotti itse sekä mitä mahdollisia ulkopuolisia toimilaitteita on käytössä.

11.1 Mekaaniset toimilaitteet

Mekaanisia työkaluja voidaan ohjata sähköllä, paineilmalla tai hydraulisesti. Usein rakenteena on vain kaksi tai kolme liikkuvaa leukaa, joista käytetään nimitystä kaksi- tai kolmesorminen tarttuja. Liikutettavan koko tai muoto voivat vaatia useampiakin tartunta sormia. Käyttö ympäristö ja tarvittavat voimat vaikuttavat siihen, kuinka liike suoritetaan, käytetäänkö hydraulikkaa, pneumaattikka vai sähköä. (Kandray 2010, 267.)

11.2 Alipaine toimitet

Muoto voi olla millainen tahansa. Tartuttavia kohteita voi olla useita, rajoittavana tekijänä on paino ja kohteen pinta. Voimantuottoon tarvitaan alipainetta tuottava toimilaitte sekä usein irrotuksen varmistuksen on paineilma, jolloin kompressori on tarpeellinen. (Kandray 2010, 268.)

11.3 Magneettiset

Ohjaus perustuu johdettavaan sähkövirtaan, jolla muodostetaan magneettikenttä ja tällä tartutaan kohteeseen. Haittapuolena on tämän soveltuvuus vain magneettisiin materiaaleihin. Magneetilla voidaan saavuttaa suuria tartuntavoimia. (Kandray 2010, 268.)

11.4 Erikoistarraimet

Kun materiaali on poikkeuksellista ja ei kyetä käyttämään perinteisiä tarraimia, voidaan valmistaa kohteeseen soveltuvia erikoismalleja.

Erikoistarraimet perustuvat esimerkiksi tartunta elimen laajentumiseen tai mukautumiseen tartuttavan kappaleen ympärille. Lamelli tai muu mekaanisesti muotoutuva elementti tarttuu kappaleeseen. Muotoutuva elementti voi perustua granulaattiin, jota muokataan paineen avulla tai magneettipulveriin, jota säädetään sähkömagneetilla. Tartuntavoimana aikaansaamiseksi voidaan käyttää myös liimaa tai muuta adheesio-mekanismia. (Kuivanen 1999, 64.)

12 Ohjelmointi

12.1 Tärkeimmät tehtävät

Luodaan looginen toimintajärjestys käsivarteen kiinnitetylle työkalulle. Tässä käytetään apuna myös ulkopuolisia signaaleja(toimilaitteet). Sekä määritellään robotille toiminnot vikatiloissa. (Kuivanen 1999, 78.)

12.2 Johdattamalla ohjelmointi

Kun haluttiin siirtyä sähkömekaanisista liikeradoista jouheviin liikkeisiin, kehitettiin johdattamalla ohjelmointi. Tämä tapahtui vapauttamalla käsivarsi ja liikutettiin työkalua halutulla radalla. Radat tallennettiin instrumenttinauhurilla. Näin saatiin toimilaitteille säätöarvot ja ratojen toistoa nopeutta voitiin nyt säätää muuttamalla nauhurin toistonopeutta. Jotkin valmistajat ovat tehneet markkinoille kevyttä ohjelmointikäsivartta. Johdattamalla ohjelmointi teki mahdolliseksi maalausrobottien nopean yleistymisen, vaikka ei soveltunut kovin hyvin muihin töihin, koska toistoradat eivät olleet kovin tarkkoja. Nykyisin maalausrobotteja-kin ohjataan aivan kuten muitakin. (Kuivanen 1999, 78.)

12.3 Käsi ohjelmointi

Käsiohjelmoinnissa ohjelmointi tapahtuu pisteitä ja toimintoja opettamalla. Jokaiselle liikkeelle voidaan asettaa omat liikenopeus, tarkkuus, liiketyyppi, aivan kuten myöhemmin esiteltävässä virtuaali- ohjelmassakin. Ohjelmointi tapahtuu käsiohjauspaneelilla. Tämä ohjausmuoto on todella tarpeellinen edelleen, vaikka virtuaaliohjelmilla tehdäänkin jo paljon. (Kuivanen 1999, 79.)

12.4 Tietokonepohjainen

Ohjelmointi tapahtuu virtuaaliympäristössä ja ohjelmaa kirjoitetaan tekstinä näin loogisten rakenteiden esittäminen, on helpompaa. Pelkkä virtuaaliohjelmien käyttö ei kuitenkaan riitä. Työympäristöstä sekä 3D-mallien epätarkkuuksien takia voi työkalun sijainti vaihdella +- viisi senttimetriä. (Kuivanen 1999, 79.)

Fanuc-robotin ohjelman nimi on Robot guide. Eri valmistajilla on omat ohjelmansa OLP:tä (offline-line programming) varten. Robot quidessa saadaan näkymään täysin identtinen ohjauspaneeli kuin mikä on kiinnitetty laboratorion robottiin.

12.5 Layout-ohjelmointi

Offline-ohjelmoinnissa ei tarvita fyysistä robottia. Ohjelmien kirjastoista löytyvät kaikki mahdolliset robottimallit sekä oheislaitteet. Näin voidaan luoda täysin identtinen 3d-ympäristö ja tutkia mahdollisia kuolleita kohtia tai mahdollisia törmäysvaaroja robotin sijoituksessa. Tässä ympäristössä on mahdollista havainnollistaa, onko suunniteltu robottimalli sopiva kohteeseen vai onko tarpeellista miettiä vaihtoehtoja mallia. Kaikella tällä saadaan suuria säästöjä aikaiseksi, kun käyttöönottoaika lyhenee huomattavasti. Erittäin suositeltavaa on, jos kohteessa on turvallisuus vaaroja, kuten valimot, ydinvoimalaitokset . (Kuivanen 1999, 81–84.)

12.6 Muototieto-ohjelmointi

Mallipohjaiset ohjelmistot kykenevät tekemään robotin ratoja tuotteen mallin mukaan. Tässä ne käyttävät hyödykseen mallin muotoja. Ratojen tarkkuutta voidaan säätää lisäämällä paikoituspisteiden tiheyttä. Tämän suuri etu on mahdollisuus tallentaa pisteet sidottuna kappaleeseen, jolloin ei tarvita uudelleen ohjelmointia, vaikka solua muutettaisiin ja kohteen paikka siirtyisi. Eli näin robotti kykenee tekemään halutun työn kohteelle, vaikka paikkaa muutetaan. (Kuivanen 1999, 84.)

12.7 Ohjelmointikielät

Yleisimmät kielet ovat C, C++ ja Java. Se mikä kieli sopii mihinkin on oikeastaan valittava käyttökohteen vaativuuden ja käyttäjän taitojen mukaan. (McCrea 2018.)

- ABB Robotstudio käyttää omaa rapid kieltä, joka pohjautuu Arlaan ja C:n
- Fanuc roboquide kieli on nimeltään Karel. Perustuu Pascaliin.
- KUKA ohjelmointikieli tunnetaan KRL (Kuka Robot Language). Perustuu Pascal ohjelmointi kieleen.
- Motomanin Motosim käyttää Informia. Voidaan myös käyttää muun valmistajan PLC ohjelmointiin perustuvaa ohjausta.
- Comau Robosim PRO käyttää PDL2 kieltä, joka perustuu Pascaliin.
- Kawasaki käyttää K-ROSET ohjelmassa AS kieltä. Perustuu VAL kieleen, jota on käytetty myös PUMA/Unimation.

13 Koordinaatistojen asettelu

Koordinaatistoja voidaan sitoa kappaleisiin, työkaluihin ja tasoihin. Näitä tarvitaan, kun halutaan, että robottia tai kohdetta voidaan siirtää eikä tarvitse ohjelmoida kaikkea uudestaan. Esimerkiksi jos työradat olisi sijoitettu maailman koordinaatistoon ja robottia jouduttaisiin siirtämään viisi senttimetriä johonkin suuntaan, seuraisivat ohjelmoidut pisteet sen mukana ja näin olisivat viisi senttimetriä ohi kohteesta. Työkaluihin sijoitetut koordinaatistot mahdollistavat kohteen ohjaamisen ja näin kannattaa miettiä mihin sen sijoittaa sekä miten päin.

13.1 Kämmenlaite

Kämmenlaitteelle on useampi tapa siirtää koordinaatistoja. Tapauskohtaisesti voidaan käyttää erilaisia tekniikoita riippuen esim. työkalun muodosta.

13.2 Kolmen pisteen

Kolmen pisteen asettelu tulee kyseeseen, kun työkalu on helppo muodoiltaan esim. suora ja haluttu koordinaatisto voi olla kohtisuorassa työkalun kiinnityslaippaan nähden. Asettelu tapahtuu ajamalla työkalun kärki kohteen yläpuolelle, seuraava lähetyspiste asetetaan lähestyen oikealta ja kolmas vasemmalta. Katsottuna robotista päin.

13.3 Kuuden pisteen

Kuuden pisteen asettelu tulee kyseeseen, kun työkalun muoto esimerkiksi taivutettu hitsaussuutin vaatii, että koordinaatisto on sijoitettu kohtisuorassa sen kärkeä kohden. Näin robotin ohjelmointia saadaan helpotettua, kun ohjaamiseen voidaan käyttää suuttimen kärkeä eikä työkalun kiinnityspisteessä olevaa koordinaatistoa. Asettelu tapahtuu alkuun kuten kolme pisteisessäkin, mutta tähän lisätään vielä liikkuminen joko XZ- tai YZ-suuntiin. Tällä määritellään miten päin koordinaatisto, on sijoitettu TCP-pisteessä.

13.4 Suoraan asettelu

Suoraan asettelu on mahdollista tapauksissa, joissa tiedetään työkalun tarkat mitat ja asennot. Tämä on nopein tapa, mutta vaatii tarkat sijaintitiedot.

13.5 Kahden pistettä + z

Kun kohteesta saadaan vain tarkka haluttu z-mitta, silloin voidaan tätä hyödyntää ja asettaa TCP käyttäen vain XY-liikkeitä.

13.6 Robot guide

Ohjelmistossa muutosten tekeminen on helppoa, kun pääset näkemään tasojen sijainnit tai mihin kohtaan työkalua koordinaatisto on sijoittunut sekä tarvittaessa liikuttamaan käsin tai muuttamalla numero arvoja.

14 Robottisolu

14.1 Robotti

Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa oleva robotti on malliltaan Fanuc Robot ER-4iA. Tämä opetussolu on rakennettu pyörille, jolloin tätä voidaan täysin vapaasti siirrellä tarpeiden mukaan tilasta toiseen (kuva 18).



Kuva 18. Robotti koulun solussa (Kuva: Jani Rytö).

14.2 Ohjainyksikkö

Ohjainyksikkö sijaitsee solun alaosassa (kuva 18). Ohjainyksikön yhteydestä löytyy myös robotin virtalähde.



Kuva 18. Virtalähde sekä ohjauspaneeli (Kuva: Jani Rytkö).

14.3 Virtakytkin

Kytkin sijaitsee ohjainyksikön oikeassa reunassa (kuva 19). Kytkimen voi lukita pois asentoon fyysisellä lukolla esimerkiksi huollon ajaksi.



Kuva 19. Virtakytkin (Kuva: Jani Rytkö).

14.4 Kolme-asentoinen valitsin

Kytkimellä valitaan, millä tavalla solu reagoi käsiohjaimeen. Asennossa AUTO on mahdollista ajaa ohjelmaa automaattisesti ja täydellä nopeudella, sekä turva-aita on käytössä. T1 on suositeltavin asetus, kun tehdään käsiohjauksia. Tämä asetus rajoittaa liikenopeuden 250 mm/s ja huomioitavaa että turvaovi ei ole käytössä. T2 on muuten sama, erona että nopeutta ei ole rajoitettu. Tätä ei ole suositeltavaa käyttää.



Kuva 20. T1/T2 valitsin. (Kuva: Jani Rytkö).

14.5 Käynnistin

Sijaitsee ohjain paneelissa kolmeasentoisen kytkimen vieressä.



Kuva 21. Kolme-asentoinen kytkin ja automaattiajon kytkimen sijainti (Kuva: Jani Rytkö)

14.6 Hätäseis

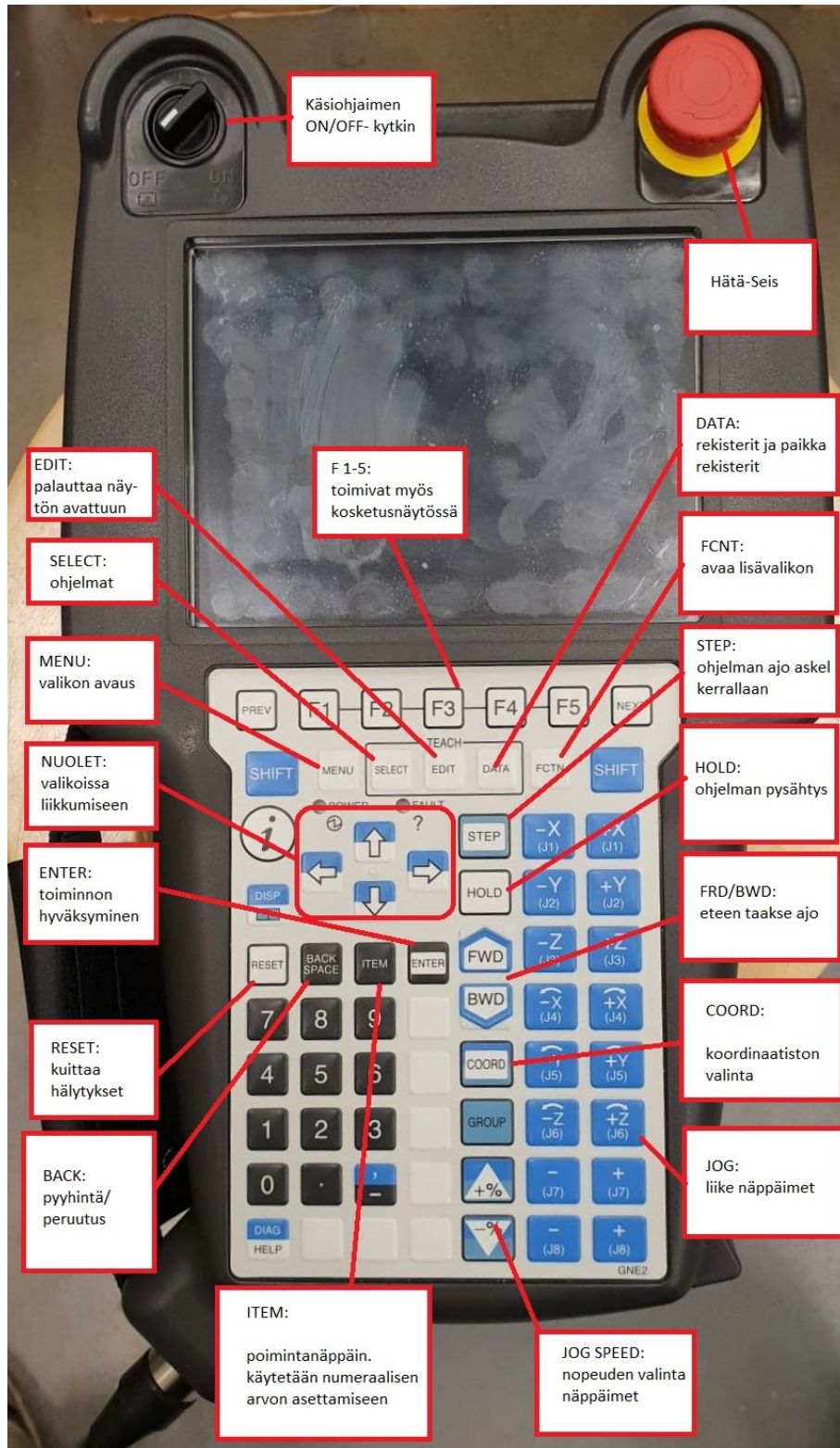
Koneesta löytyy 2 kappaletta hätä-seis-kytkimiä. Ensimmäinen on sijoitettu ohjainpaneeliin ja toinen löytyy käsiohjaimen oikeasta yläkulmasta (kuva 22).



Kuva 22. Hätä-seis painikkeen sijainti ohjauspaneelissa. (Kuva: Jani Rytkö)

14.7 Käsiohjain

Käsiohjaimella tehdään halutut liikeradat ja opetetaan tarvittavat pisteet, sekä kuinka niihin liikutaan. Käsiohjain toimii aivan samalla tavalla kuin käyttäisit sitä Robot guide ympäristössä. Käsiohjaimesta löydät tarvittavat valitsimet (kuva 23).



Kuva 23. Toimintojen selitykset ohjaimesta (Kuva: jani rytkö).

14.8 Deadman switch

Kuolleenmiehenkytkimet ovat keltaiset koskettimet käsiohjeimen takana (kuva 24). Jompaakumpaa täytyy pitää painettuna aina, kun tahdotaan robotin liikku-
van tai kuitataan vikailmoituksia. Kytkimiin on asennettu paniikkitoiminto ja liian
kovaa painaminen pysäyttää robotin liikkeen.



Kuva 24. Kuolleenmiehenkytkimen sijainti (Kuva: Jani Rytkö).

15 Opinnäytetyön tekeminen

15.1 Kirjallisuusnäyte

Kirjallisuusnäytteen kokoaminen oli aavistuksen haastavampaa kuin odotin en-
nakkoon. Tämä johtui asiasta, ettei roboteista löydy suomenkielisiä julkaisuja.
Ainoastaan löysin ammatillisen julkaisun suomen automaatioseuran tekemän

kirjan Robotiikka. Englanninkielisiä julkaisuja onneksi on julkaistu lukemattomia, eri suunnasta robotteja käsitteleviä teoksia esimerkiksi ohjelmointia, fysiikkaa ja käyttöä koskien.

15.2 Tutustuminen tehtäviin

Tutustuminen robotin ohjelmiin alkoi seuraavalla havainnolla. Käynnistäessäni demo ohjelman selvisi, että ohjelmaan oli tullut muutoksia ja tarrain törmäsi päin pöytää. Ensimmäinen työ vaihe oli selvittää, mikä osa robotin ohjelmasta oli muuttunut. Ongelma kohdaksi paljastui työkalun muuttunut Z-arvo.

Kaikki tarvittavat tehtävät on mahdollista tehdä laboratoriossa suoraan robotilla tai tietokoneella Robot quide ohjelmistolla. Olisi jopa suositeltavaa tehdä harjoituksia ensin koneella ja oppia näin liikkeitä sekä eri asetusten merkityksiä. Ohjeistaminen koneella tehtävään käyttämiseen tosin laajentaisi opinnäytetyön laajuutta suhteettomasti. Tosin näihin asioihin jouduin itse tutustumaan, kun valitseva korona tilanne on estänyt koululla paikan päällä olemisen ja näin tutkielmaan on tehty etänä ja juuri Robot quide ympäristössä.

15.3 Tekeminen

15.3.1 Aloitus

Työskentely alkoi tutustumalla roboquide ohjelmistoon. Fanuc:n ohjeet ja YouTuben videot loivat selkeää pohjaa, kuinka ohjelmisto toimii ja eroaa aikaisemmin opettelemastani ABB robot studiosta. Pohjatiedon jälkeen aloin tehdä harjoituksia ja samalla miettiä, kuinka sanoa asiat sopivan yksinkertaisesti sellaiselle, jolla ei ole yhtä laajaa taustatietoa roboteista.

15.3.2 Testaaminen

Ohjeiden testaaminen ulkopuolisilla aloitettiin tammikuussa. Tässä kohtaa tehtäviä oli kasattu kolme. Koronatilanteen takia laajan koe ryhmän saaminen oli mahdotonta. Joidenkin opiskelijoita pääsi kuitenkin tekemään kokeita.

15.3.3 Muutokset

Ensimmäisten käyttöjen jälkeen tehtiin muutoksia kirjoitusmuotoihin ja lisättiin kuvia tuomaan selkeyttä valikoiden käyttämiseen. Parannusten jälkeen testattiin ohjeita uudestaan ja kun ne osoittautuivat toimiviksi, päätettiin ohjeiden työstäminen. Työtä varten hankittiin Fanuc Eurodelta oikeus käyttää heidän julkaisemia kuvia.

16 Tulokset

16.1 Tietopaketti

Ohjeiden alkuun (liite yksi) on kasattu kattava tietopaketti, mitä robottisolu pitää sisällään ja mitä erilaisia osia tarvitsee tehtäviä suorittaessaan. Tähän osioon on myös kasattu tarvittavia tietoja, kuinka robotti liikkuu eri koordinaatistojen suhteen. Sisällöstä löytyy selitykset niin käsiohjaimen eri painikkeille kuin ohjainpaneelistakin löytyville katkaisimille.

16.2 Ajoharjoitus

Ensimmäisessä tehtävässä on tarkoitus tutustua, kuinka pääsee alkuun robotin käsiohjaamisessa ja toisena osiona on tutustuminen valmiin ohjelman tuomiin tietokannasta, sekä ohjelman ajamiseen. Harjoituksen kulku on pyritty pitämään mahdollisimman selkeänä ja johdonmukaisena. Alusta löytyy ohjeistus osien oikeille sijainneille, kuin kytkimien ja säätöjen asetuksille. Käsiohjauksen tueksi on kasattu esimerkit Linear ja Joint liikkeiden erosta. Teoriaosiota löydät

ohjeistuksen mistä valitset eri koordinaatiston, sekä on tuotettu selkeät ja havainnolliset kuvat eri nivelten numeroinneista, sekä kiertosuunnista. Kuvista löytyy myös koordinaatistojen oletussuunnat, sekä muistivinkki, kuinka voit muistaa kiertoakseleiden suunnat.

Toisessa osiossa opastetaan valmiin ohjelman ajaminen. Ohjeessa käydään askel askeleelta läpi valikot ja tarvittavat valinnat ohjelman suorittamiseksi automaattiajolla. Sisällöstä löytyy pieni valistus, miten ohjelma voi muuttua, kun ohjataan jokin toinen toimilaite aktiiviseksi. Aivan lopusta löytyy myös osio mitä tehdä, kun olet ajanut robotin suojarajalle ja automaattinen suoja on katkaissut liikkeen.

16.3 Harjoitus TCP

Tässä osassa oli tarkoituksena kertoa TCP-asennosta ja kuinka se vaikuttaa työkalun ohjaamiseen, tästä löytyy selkeä kuva osoittamaan mikä ero on työkalun liikeradassa, kun TCP on työkalun kärjessä tai työkalun kiinnityslaipassa. Tarkoitus on myös tarkistella mitä eroja on ja miksi toisissa voidaan käyttää yksinkertaisempaa asettelutapaa.

Tehtävän alkuun kasattiin osuus, jossa havainnoidaan järkeviä koordinaatistojen suuntia. Tehtävien suorittamiseksi on tarpeellista tietää, kuinka tarttujan leukoja ohjataan. Tähän löytyy tarvittava ohjeistus, jossa edetään askel askeleelta. Harjoitus etenee seuraavassa järjestyksessä.

- kolmen pisteen
- kuuden pisteen
- kahden pisteen +Z
- Suoraan listalle asettelu

Kolmen pisteen asettelu. Oikean valikon löytäminen on havainnollistettu painike kerrallaan. Samalla tavalla ohjeistetaan, myös oikean asetuksen valitaan. Havainnollisten kuvien avulla on osoitettu oikeat asennot ja mitä ohjaimen valikossa tapahtuu. Osion lopussa on esitelty, kuinka näet onnistumisesi ja ohjeistettu miten voit tehdä korjauksia, jos tiedät varmasti jonkin asetuksen olevan väärin.

Kuuden pisteen asettelu. Miksi kolmen pisteen asettelu ei riitä? Syy tähän löytyy työkalun kaarevuudesta ja tarpeesta saada TCP eri linjalle työkalulaipan suhteen. Esimerkiksi hitsaussuuttimen ohjaaminen on paljon helpompaa, kun saadaan Z-akseli asetettua kohtisuorassa poispäin kärjestä. Asettelu etenee alkuun lähes identtisesti kolmen pisteen kanssa. Eroavat kohdat on pyritty tuomaan selkeästi sekä havainnollisesti esiin, sekä selittämään miksi tämä on tarpeellista. Tästä esimerkkinä ensimmäisen pisteen asennon ja sijainnin merkitys lopputuloksen onnistumiseen, tätä samaa pistettä tullaan käyttämään kohdassa neljä myös origona. Ohjeen sisältöön on pyritty kasaamaan tekemistä helpottavia pikakomentoja sen mukaan, kun niitä ohjeita tehdessä eteen on tullut. Tästä esimerkkinä SHIFT+MOVE TO, jota käyttämällä pääset palaamaan valitsemasi pisteen sijaintiin ja asentoon. Komentoa käyttäen on helppo päästä valittuihin pisteisiin, jos tulee tarve tarkistaa pisteen sijainti/asento. Lopputulosta pääset tarkastelemaan, kun valitset TOOL-koordinaatiston ja tarkkailee suuttimen kärjen liikettä. Kärjen tulisi olla liikkumatta, kun käytä liikkeitä J4-J6.

Seuraavana tarkistellaan tapaa kahdella pistettä +Z asettelu. Asetteluvalikko löytyy edelliseen tapaan FRAME→METHOD→. Asettelu ei kaipaa sen suurempaa esittelyä. Toiminta on sama, kuin kolmen pisteen kanssa kahden ensimmäisen pisteen suhteen. Erona on tässä, että sinun tulee tietää Z mitta. Selvitetään mittaamalla työkalun kiinnityslaipasta. Harjoituksessa ei tarvitse välittää kiertoakseleista W, P, R nämä, kun ovat suoralle tapille nolla astetta.

Viimeisenä tapana esiteltävänä on suoraan listalle tehtävä asettelu. Tämänkin löydät samasta valikosta edellisten tapojen kanssa. Tapa on kaikkein nopein ja tarkin, jos on tiedossa työkalun tarkat mitat ja kulmat, sekä työkalun kiinnitys on ehdottoman varmasti oikein. Nämä tarkat mitat sekä kulmat löytyy helposti, jos on itse suunniteltu työkalu ja sitä on käytetty Robotquidessa. Erillisellä piirto-ohjelmalla tehdyistä voidaan tiedot löytää piirustuksista.

Jokaisen kappaleen lopussa on lisättyä tietoa mistä voit helposti löytää lisätietoa. Tehtävän kulkua seurattaessa ja miettien mitä on tekemässä, pitäisi harjoitusten jälkeen olla selkeä kuva mikä on TCP. Miksi se on olemassa ja miten se voidaan asettaa, sekä mikä on sen sijainnin vaikutus ohjattavuuteen.

16.4 Ohjelmointi

Hyvänä kertauksena käy seuraava, mitä robotit tekevät ja miten.

Robotille syötät kerran toimivan ohjelman ja seuraa sitä päättymättömästi laiterikkoon tai muuhun ulkopuoliseen keskeytykseen asti. Tehty työ on tehokasta ja jälki on tarkasti tuotettua.

Harjoituksen tarkoituksena on tuottaa yksinkertainen ohjelma, sekä lisätä sinne tarkentavia kommentteja helpottamaan ohjelman lukemista. Ohjelman tekemisen ohella annetaan tietotaito liikkua ohjelmassa eteen (FWD) tai taakse (BWD) joko askel kerrallaan (STEP) tai suorittaa koko ohjelma yhtenä kierroksena. Askel kerrallaan liikkuminen tulee tärkeämmäksi, kun ohjelmoituja rivejä on esimerkiksi 100kpl. Tässä kohtaa myös tulee selväksi, miksi kommenttien lisääminen ohjelmaan on niin tärkeää.

Tekeminen aloitetaan robotin ollessa käynnissä valitsemalla F2 CREATE ja nimeämällä ohjelma. Ohjelman sisälle aletaan kasata tarpeellisia pisteitä. Pisteiden tallennus esiteltä kuvin sekä sanallisesti. Ohjeistuksessa tuodaan esille JOINT ja LINEAR liike valinnat.

Liikkeiden valintaosioon nähtiin tarpeelliseksi kasata tietoja mistä on helppo löytää tarkempaa tietoa liiketavasta, nopeudesta ja tarkkuudesta. Kuvauksessa esitellään tehokkaita tapoja välttää turhia pisteitä, kuten nimeäminen, joka on sama kuin vaihtaa esimerkiksi neljä rivin juoksevan järjestysnumeron ykköseksi ja nyt neljännen rivin piste on täsmälleen sama kuin ensimmäisen rivin. Helpottavia komentoja löytyy valikosta EDCMC, kuten kopiointi, poistaminen sekä tyhjien rivien lisääminen haluttuihin paikkoihin.

Tämän lyhyen ohjelman luomisen jälkeen harjoitellaan, kuinka otetaan ohjelma täydellä nopeudella ajoon. Tämä tapahtuu porrastetusti ensin askel ajolla nopeutta nostaen ja edetään täyteen 100 % nopeuteen. Vasta tämän jälkeen voidaan siirtyä automaatti ajolle. Tässäkin siirtymässä on suotavaa ensin kokeilla hiljaisemmalla nopeudella. Tässä kohtaa pitäisi sitten olla kasassa tietotaito ohjelman aloituksesta, pisteiden tallennuksesta/ nimeämisestä, liikemuodoista sekä nopeuksista ja kommenttien lisäämisestä ohjelmaan sekä näiden merkityksestä ohjelmassa.

16.5 User Frame

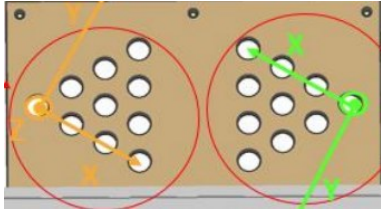
Kuinka voit hyödyntää UFrameja työssäsi. User Frame määrittelee työalueen. Käsiteltävässä tehtävässä ei tule kaikkein havainnollisimmin esimerkiksi, kuinka työrata voisi sijaita aivan eri korkeudella tai kaltevuudella. Nyt keskitytään siihen, että vasen ja oikea puoli ovat omat alueensa. Tässä tilanteessa voisimme ihan hyvin käyttää, vaikka WCS koordinaatistoa, koska alusta on fyysisesti kiinni robotissa.

Tilanne muuttuisi heti, jos siirtäisimme reikä alustaa vaikka vain yhden cm johonkin suuntaan. Reikä patteriin sidottua User Framia voimme vapaasti kuljettaa kohdalleen ja radat seuraavat mukana, jos käyttäisimme WCS niin joutuisimme muuttamaan joka ikisen pisteen erikseen oikeaan kohtaan.

Aluksi on hyvä varmistaa, että TCP on oikeassa kohdassa tarttujan leukojen välissä ja robotin liikenopeus on asetettu kymmeneen %. Liikkuminen laudalla on kaikkein helpoin suorittaa työkalun koordinaatistossa. Tämä on tuttua asiaa jo aikaisemmista harjoituksista. Tekeminen on täysin vastaavaan kuin työkalu koordinaatistojen tekeminen. Kohdistamista varten on asetettava palikka tarttujan leukojen väliin. Valitaan valikosta UFrame kuusi ja aloitetaan kolmen pisteen tallennus.

Ensimmäinen reikä on vasemmanpuoleisen ruudukon vasen reuna reikä. Vieään kohde keskelle koloa ja huomioitavaa on asettaa Z-akselin korkeus niin paljon pinnan yläpuolelle, että paperi voi vaivatta liukua välissä. Kaikkien kolmen pisteen Z korkeus pitää olla pinnan yläpuolella mahdollisimman samassa korossa. Tällä on suora vaikutus robotin laskemaan koordinaatistoon, lähinnä kallisteluun.

Kuitenkaan tässä tehtävässä sillä ei ole mainittavaa vaikutusta. Tähän kohtaan tallennetaan origo piste. Seuraavaksi liikutaan lähinnä robottia olevaan reikään. Tähän pisteeseen tallennetaan X-akselin suunta. Kolmas piste sijoitetaan etäsimpään reikään ja näin muodostuu Y-akselin suunta. Nyt muodostetun User Framin vasta päätä luodaan Frame viisi, joka on Frame kuusi kierrettynä 180° Z-akselin ympärillä (kuva 25).



Kuva 25. Koordinaatistot pöydällä. (Kuva: Jani Rytkö).

Muodostetaan ohjelma, jossa robotti tulee kotipisteestä. Hakee palikan origosta ja kuljettaa sen pisteeseen, jonne asetettiin X-akselin piste. Tarvittavat komennot löytyvät painikkeen INST(F1) alta, jatkossa tähän ei enää viitata.

Ohjelman alkuun valinta UFRAME NUM=6, joka määrittää halutun koordinaatiston. Nämä valinnat löytyvät OFFSET/FRAMES alta sieltä toisena listalla oleva UFRAME NUM=[]. Seuraavaksi kysyy numerointi tapaa ja tässä tarvittava on constant. Nyt valikosta LIST(F5) pääset valitsemaan tarvittavan Framen. Jatkossa pääset LIST(F5) alta valitsemaan kaikista sille paikalle mahdollisista valinnoista sopivimman. Ennen lähestymistä noutopisteen yläpuolta asetetaan robotin RO [7] asentoon ON. Tämä tarkoittaa leukojen olevan auki.

MENU→I/O→robot.

Radan tekemiseen tarvitaan vain neljä eri pistettä, jotka on hyvä nimetä selkeästi esim. "pick up point 1" ja "above point yksi". vastaavat toiselle pisteelle. Hakupisteelle siirrytään yläpuolella olevalta pisteeltä, tämän tarkoitus on suojata kohdetta ja robottia törmäykseltä.

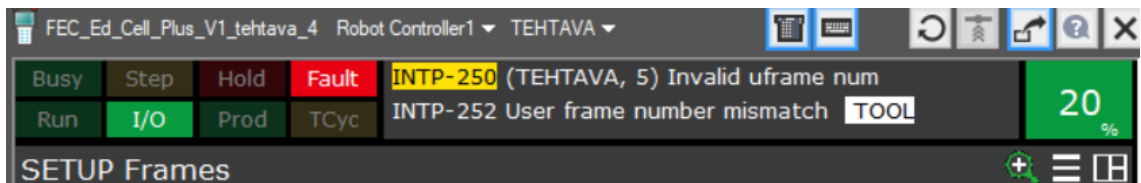
Nouto pisteessä kappaleeseen tartutaan asettamalla RO [7]=OFF perään lisäämään varmistukseksi viive WAIT puoli sekuntia, jotta tartunta ehditään suorittaa ennen liikkeelle lähtemistä. Noustaan yläpuoleiseen pisteeseen ja tästä kohden seuraavaa lähestymis- pistettä. Rataa on helppo seurata pisteiden nimien perusteella ja vaikka olisikin tullut väärä piste sekaan voidaan ongelma korjata yksinkertaisesti menemällä ohjelmassa pisteen numeron päälle ja valitaan oikea numero. Näin nimi muuttuu ja kaikki pisteen tiedot ovat nyt uuden numeron mukaisia. Tällä pisteiden nimeämisellä vältetään turhia pisteitä.

Näitä alkaisi tulla, jos tekisimme vain joka liikkeen jälkeen uuden tallennuksen. Tässä tulisi helposti yhtä sekasotkua. Liikkeiden ja toimintojen oheen on suositeltavaa kirjoittaa huomioita, jossa selitetään mitä on tapahtumassa. Ohjelma on

ehkä sinulle helppo sisäistää mutta helpottaa todella paljon muiden sen ymmärtämistä ja etenemistä. Palikan pois jättö eroaa hakemisesta vain lähinnä asetuksista RO[7]=ON.

Robotin noustua takaisin yläpisteelle kutsutaan alihakemistosta ohjelma AA_HOME. Nyt robotti palaa valmista aliohjelmaa käyttäen kotipisteeseen. Tämän jälkeen tehdään sama työ päinvastaisesti ja palautetaan palikka koloon yksi.

Seuraavaksi selvitetään, voidaanko Framen vaihtaa vain muuttamalla UFRAME NUM=6 viitoseksi sekä aktivoimalla frame viisi ja näin saada työrata kentän oikealle puolelle. Tässä tilanteessa ohjelma pysähtyy riville viisi, jossa valitaan käytettävä frame ja syntyy häiriötila (kuva 26).



Kuva 26. (Kuva: Jani Rytö).

Tämä ongelma saadaan korjattua. Määrittämällä uudestaan frame kuusi nykyisen viitosen paikalle. Tämän jälkeen asetetaan kuusi aktiiviseksi, nyt ohjelma on siirtynyt oikeaan reunaan.

Tässä havaitaan, että näin voidaan muokata työratoja. Tosin tapa on työläs ja näin toimimalla hukkaamme aina vanhan koordinaatiston. Tähän on olemassa paljon helpompi ja nopeampi tapa toimia.

Muodostetaan ensin uudet frimit neljä ja viisi sekä tuhotaan frame kuusi. Vasemmalle numero neljä ja oikealle viisi. lisäämällä ohjelman alkuun tallennus komento PR[10]=UFRAME[4] määritetään että muistipaikalla kymmenen on nyt UFrame neljä. Edelleen lisätään kohta UFRAME[6]=PR10. Nyt robotille on annettu tieto, että se käyttää jatkossa UFRAME kuuden kohdalla tietoja, jotka löytyvät muistipaikasta PR=10. Huomattavaa on, että vaikka FRAME kuusi on tuhottu käyttää työrata ohjelmassaan sitä edelleen. Nyt sen arvot vain tulevat position rekisteristä.

Nyt pelkästään vaihtamalla riville viisi numeron 4→5 vaihtaa työrata puolta laudalla.

```

1/38
1: !tehtava.4!!
2: !valitse oikea UFrame
3: !tallenna position rekisteriin
4: !paikalle 10 frame jota tarvitet
5: PR[10]=UFRAME[4]
6: !nyt kerrot vanhalle framelle sen
7: !uudet arvot
8: UFRAME[6:practice4]=PR[10]
9: RO[7:Open Gripper]=ON
10: UFRAME_NUM=6
11:L P[2:above pick poinl]

```

(Kuva: Jani Rytkö).

Jälkimmäinen tapa osoittautui paljon nopeammaksi, toimivammaksi ja selkeämmäksi.

17 Pohdinta

Työssä luotiin neljä suomenkielistä ohjetta, joiden avulla täysin kokematon pääsee alkuun Fanuc robottisolun kanssa. Valmistuneita työohjeita tullaan käyttämään Karelian konetekniikan robotiikan opetuksen tukena. Tehdessä oli tarkoitus samalla tutustua ohjelmistoon.

Projektia rajatessa mietittiin, kuinka monta tehtävää olisi sopiva määrä ja työn edetessä tuli selväksi, että näissä neljässä tehtävässä on tarpeeksi. Tehtävät etenevät asteittain eteenpäin ja näin luovat vankan käsityksen mitkä ovat ne perusteet, joita ilman ei robotin käsiohjelmoinnissa pääse etenemään. Tehtävien sisälle on kasattu tietoa mikä vaikuttaa mitenkään, sekä selkeästi opastettu mistä mikäkin valinnan pystyy suorittamaan. Eteneminen sekä selkeys on pidetty sillä tasolla, että näistä suoriutuu normaalilla tietokoneen käsittely taidolla.

Pääasiallinen tavoite saavutettiin mainiosti. Tosin ajatus ohjeiden mallista muokkaantui matkalla ja näin ei valmistunut kaksi eri osaa, vaan ohjeet ovat yhdessä. Tässä kohtaa on todettava, että olisi voinut valita tehtäviä vaativammalta tasolta. Tosin tässä oli menetetty työn alkuperäinen tarkoitus ja olisi jäänyt luomatta se helposti ymmärrettävä perusteos.

Työn aika tuli selväksi kuinka paljon eri valmistajien ohjelmat eroavat toisistaan. Laajentunut tietotaso antaa varmasti tukea koulutuksen seuraavalla osuudella. Työn läpi vieminen vahvisti jo aikaisemmin opittua tietoa projektin aikatauluttamisesta, josta on varmasti hyötyä myös työuralla.

Lähteet

Ahmed S, Mohammed A, Hossam E. Design, Implementation And Control Of SCARA ROBOT. www.academia.edu/13144040/design_implementation_and_control_of_scara_robot 1.10.2020

Godfrey C.O 2005. Mechatronics principles and applications. Burlington. Elsevier Butterworth-Heinemann

Groover, M P. 2008 Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing 4rd Edition. New Jersey Education Inc.

Daniel E. Kandray 2010. Programmable Automation Technologies. New Your Industrial Press Inc

International Federation of Robotics. 2020.IFR Press Conference.

https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation_WR_2020.pdf. 11.12.2020

Karelia-ammattikorkeakoulu. 2020.Tietoa Kareliasta
<http://www.karelai.fi/tutustu-meihin/>. 5.12.2020

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. 1.p. Tampere: Talentum Oyj/MetalliTekniikka

Lehtinen H Suomen Automaatioseura www.automaatioseura.com/tiedostot/robotit 14.12.2020.

McCrea N, An Introductory Robot Programming Tutorial. 2018.
www.toptal.com/robotics/programming-a-robot-an-introductory-tutorial
28.11.2020

Saeed B. Niku 2010. Introduction to ROBOTICS. Analysis, Control Applications, Second Edition. JOHN WILEY & SONS, INC.

Vainio V. 2009. METSÄKONEEN TAKARUNGON HITSUKSEN ROBOTISOINNIN TUTKIMINEN. Turun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003012646> 1.10.2020.

18 Liite

Education Cell

Student Exercises - Summary

FANUC



FANUC

EDUCATIONAL PACKAGE



FA
CNC
Series Masters
and Li



ROBOTS
Series Robots
and
Series



ROBOCUT
CNC Wire-Cut
Electric Discharge
Machines



ROBODRILL
Compact
CNC Machining
Centres



ROBOSHOT
Electric CNC
Injection Molding
Machines

(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Turvallisuus ohjeet:

- Robotin käyttö ilman perehdytystä kielletty
- Robotin turvapiirien ohitus
- Noudata ohjeita ja varoituksia
- Älä nojaa robotin kaappiin
- Käsiäjossa hätätilanteessa vapauta "dead man switch"
- Muista annetut max ajonopeudet
- Jos et ole varma kysy
- Hätäseis kytkimiä on kaksi kappaletta sijoitettuna käsiohjaimeen sekä ohjainpaneeliin

Robotti solun kokoonpano

Robotti.



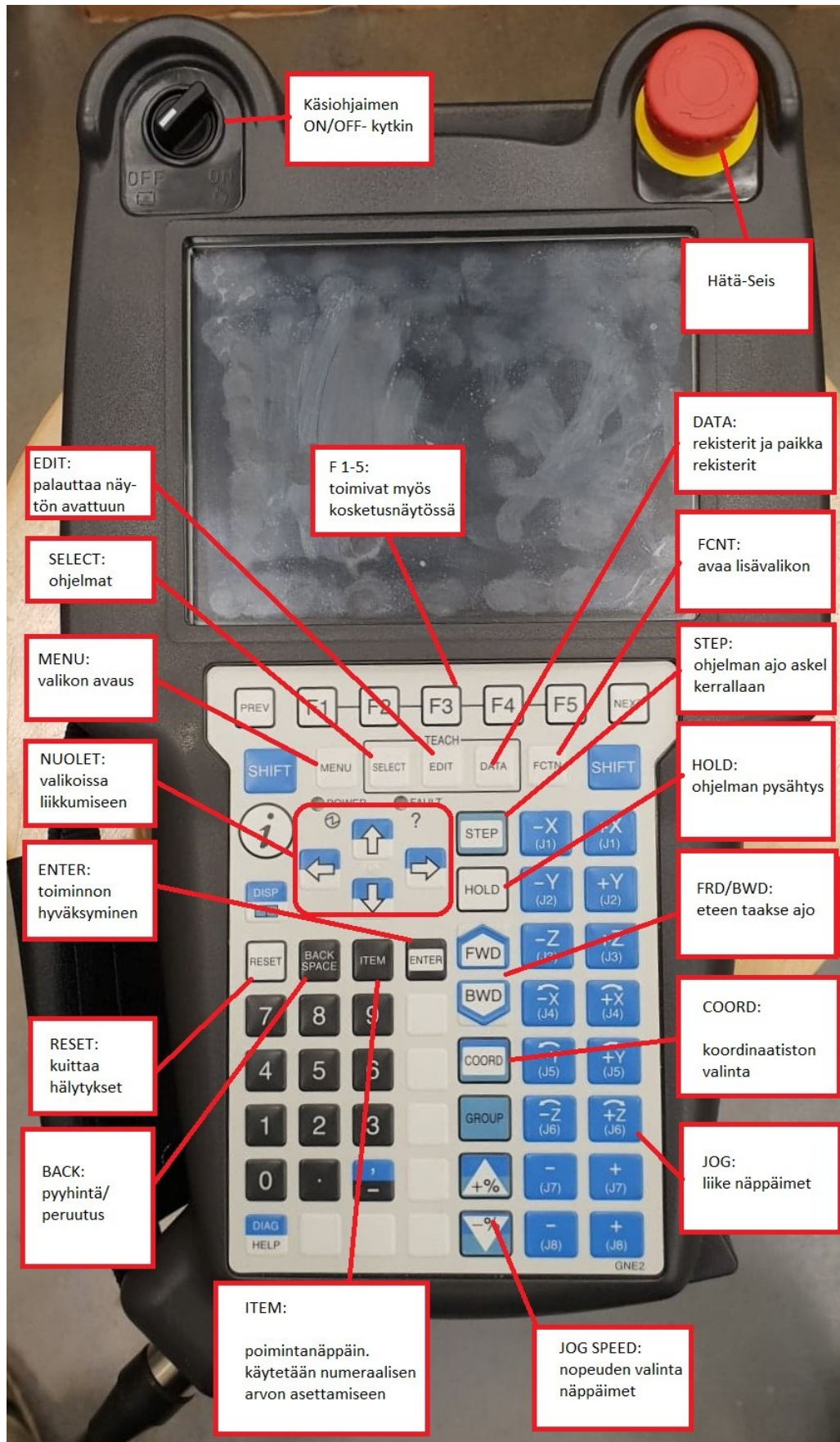
(Robotti pöydällä: Kuva: Jani Rytkö).

Ohjainpaneeli.



(Kuva: Jani Rytkö).

Käsiohjain.



(Kuva: Jani Rytkö).

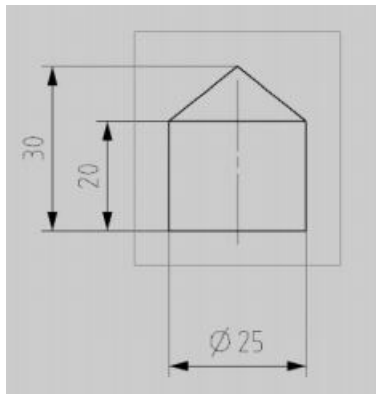
Takapuolelta löytyvät kuolleenmiehen kytkimet.



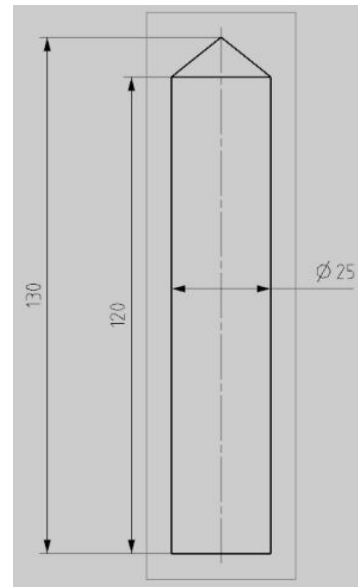
(Kuva: Jani Rytkö).

Tarvikkeet

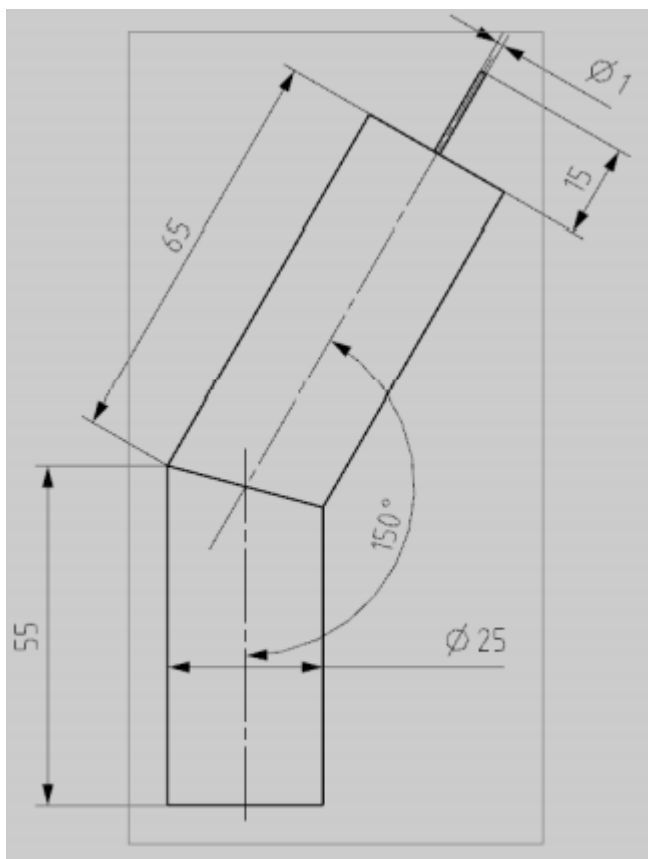
Lyhyt tanko



pitkä tanko



Taivutettu ns. hitsaussuutin



Ohjaus moodit

Valitaan kolme-asentoisesta kytkimestä



(Kuva: Jani Rytkö).

Auto

- Robotti voidaan käynnistää etureunasta I/O
- Suoja-aita on käytössä
- Voidaan käyttää max nopeutta

T1

- Robotin ohjelma voidaan käynnistää vain ohjelmointipaneelista
- Nopeus on rajoitettu 250 mm/s
- Turva-aita on pois käytöstä. Robotti EI pysähdy, vaikka avaat oven

T2

- Robotin ohjelma voidaan käynnistää vain ohjelmointipaneelista
- Nopeutta ei ole rajoitettu
- Suoja-aita on pois käytöstä. Robotti EI pysähdy, vaikka avaat oven.

18.1 Ajoharjoitus



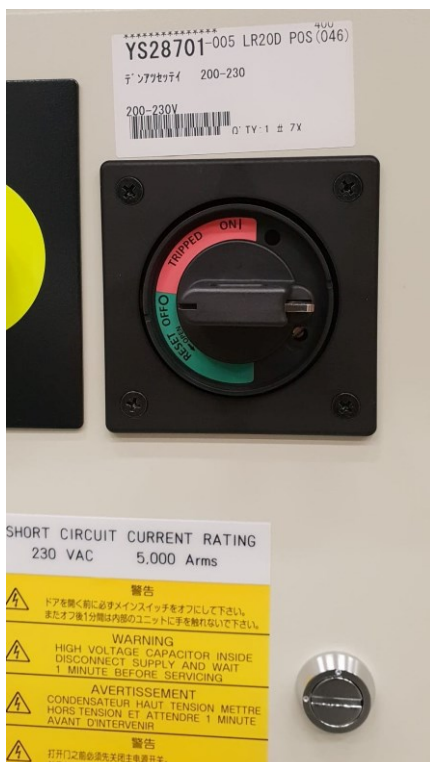
(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Aloitetaan tarkistamalla, ettei robotin häkissä ole ylimääräisiä esineitä ja laite-
taan palikat kuvan osoittamalla tavalla. Katsottuna ovenpuolelta.



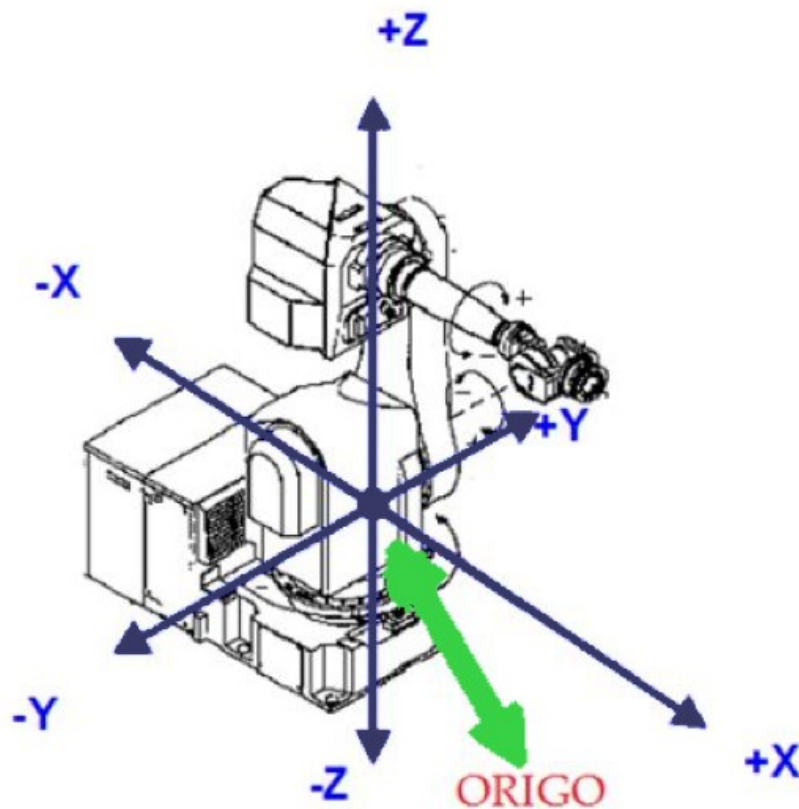
(Kuva: Jani Rytkö).

Kytke virta laitteeseen kääntämällä valitsinta. Kytke ohjauspaneeli päälle ks.
Kuva.



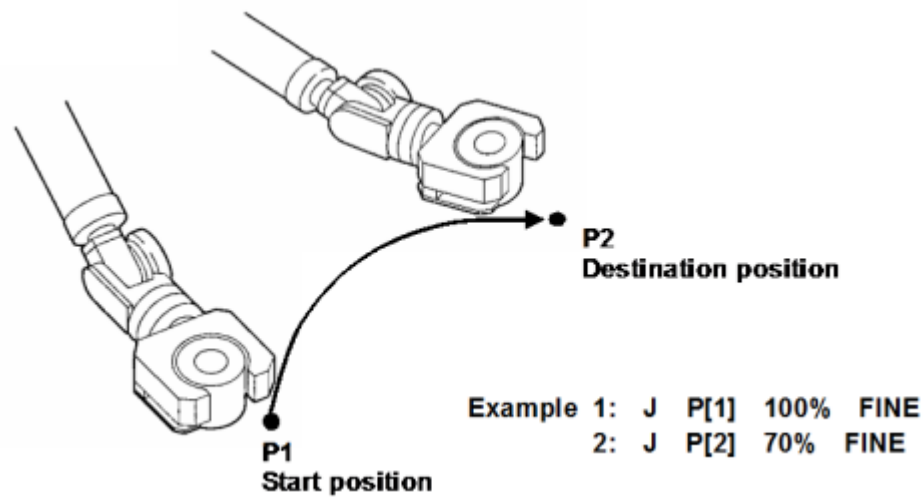
(Kuva: Jani Rytkö).

Aseta 3-asentoinen kytkin T1:selle. Tarkista hätäseis painikkeet kaksi kpl. Kytke käsiohjain päälle. Nyt robotti on valmis ottamaan käskyjä. Aseta overdrive/ jog speed lukemaan kymmenen %. Paina kuolleenmiehen kytkin pohjaan (kevyesti riittää) ja pidä painettuna. Reset napilla saat kuitattua vikatilat (faultit). Painamalla shift+ haluttu jog näppäin voidaan robottia liikuttaa. Robotin liikkeet XYZ näet kuvassa alla ().

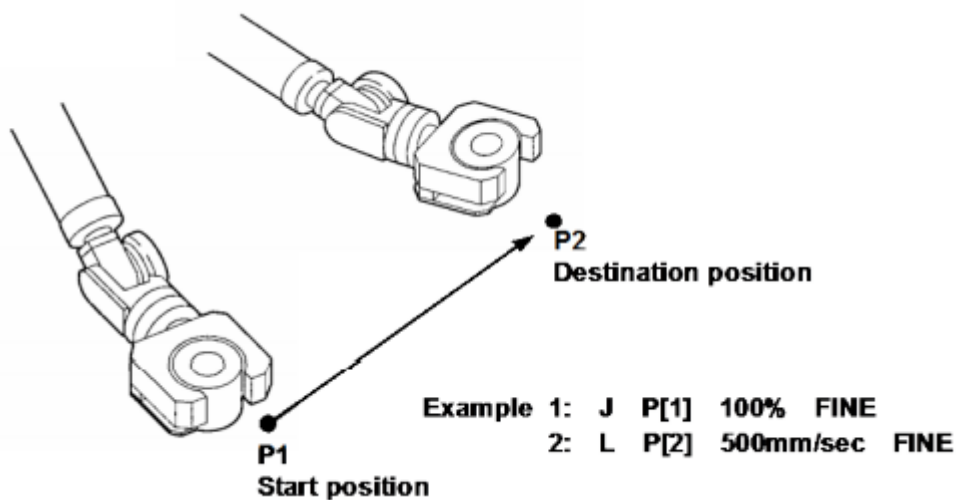


(Kuva: Jani Rytkö).

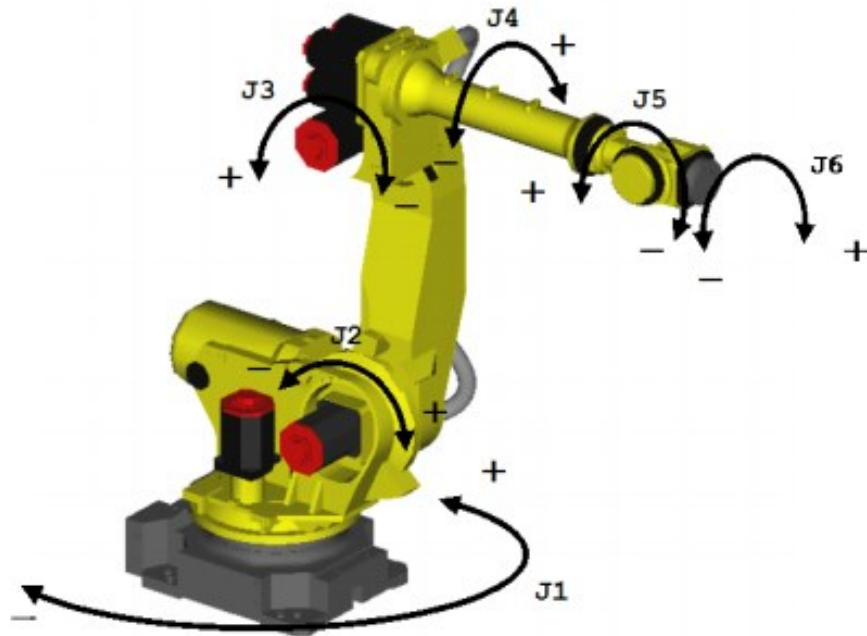
Mieti onko liike joint tai linear. Suositeltavampaa on käyttää Joint liikettä koska se on robotille helpompi.



Joint liikkeen kaarevuus (Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).



Linear on nimensä mukaisesti suoraa liikettä(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

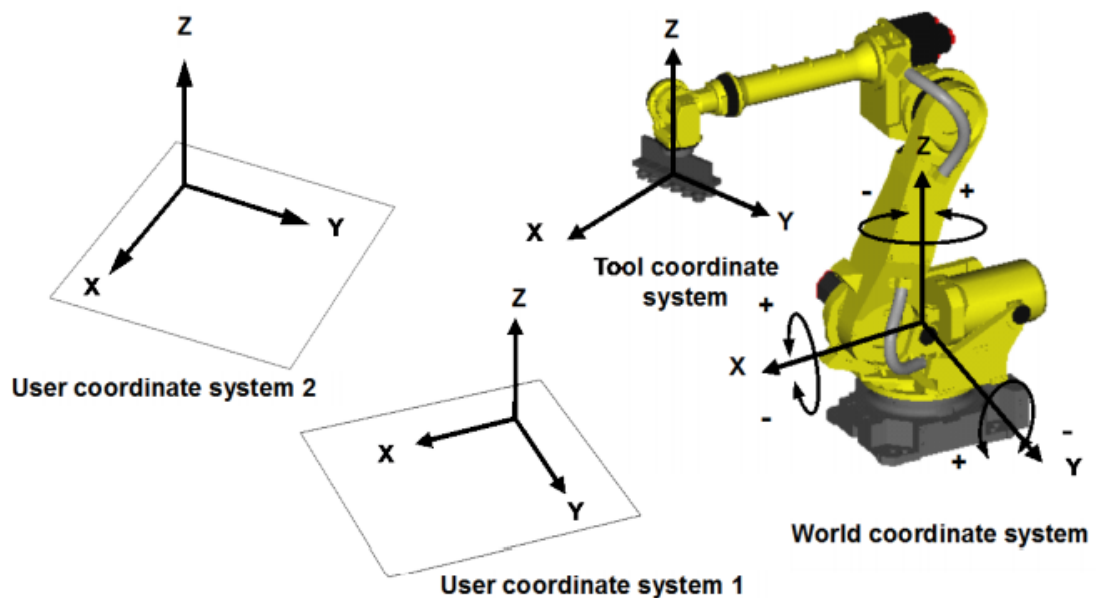


(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Robotin niveliä voidaan myös ajaa nivel kerrallaan. Nämä jointit on numeroitu robotin runkoon ja näitä vastaavat näppäimet löytyvät käsiohjaimesta.

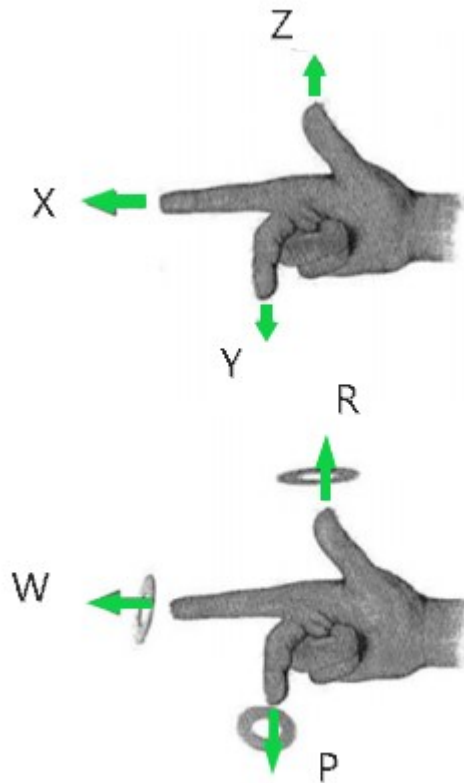
Huomaa että valitulla koordinaatistolla on merkitystä, kuinka robotti liikkuu.

TOOL liikkuu asetetun TCP pisteen mukaisesti suhteessa työkaluun. WORLD liike tapahtuu robotin alle sijoitettuun origoon. Voit vaihtaa koordinaatistoa näppäimellä COORD. Tutki miten vaihtaminen vaikuttaa liikutteluun.



(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Oikean käden sääntöä voi käyttää apuna, kun mietit miten päin koordinaatit ovat



(Kuva: Jani Rytkö).

Näin yksinkertaista on robotin liikuttaminen. Nyt paina select ja valitse ohjelma AAAdemo painamalla enter. Aseta nyt 3-asentoinen kytkin asentoon auto ja kytke käsiohjain pois päältä. Kuittaa käsiohjaimen fault ilmoitukset ja tämän jälkeen voit kytkeä ohjelman käyntiin painamalla cycle start näppäintä. Robotti suorittaa palikoiden nostelun ja lopuksi palaa koti pisteeseen.

Ottamalla kameran mukaan ohjelmaan lajittelu muuttuu, joten kokeile mitä tapahtuu, kun asetat kameran aktiiviseksi.

Ohjelman sisälle voidaan kirjoittaa pätkiä, joissa robotti suorittaa eri liikeradat riippuen siitä onko jokin toimilaite aktiivinen tai laskuri saavuttanut määritellyn rajan. IF jotakin tai WHEN jotakin, näistä tulee tarkempaa tietoa myöhemmissä tehtävissä.

Nyt sinulla pitäisi olla käsitys, kuinka perusliikkeitä voidaan ajaa ja kuinka ajetaan valmis ohjelma robotin tietokannasta.

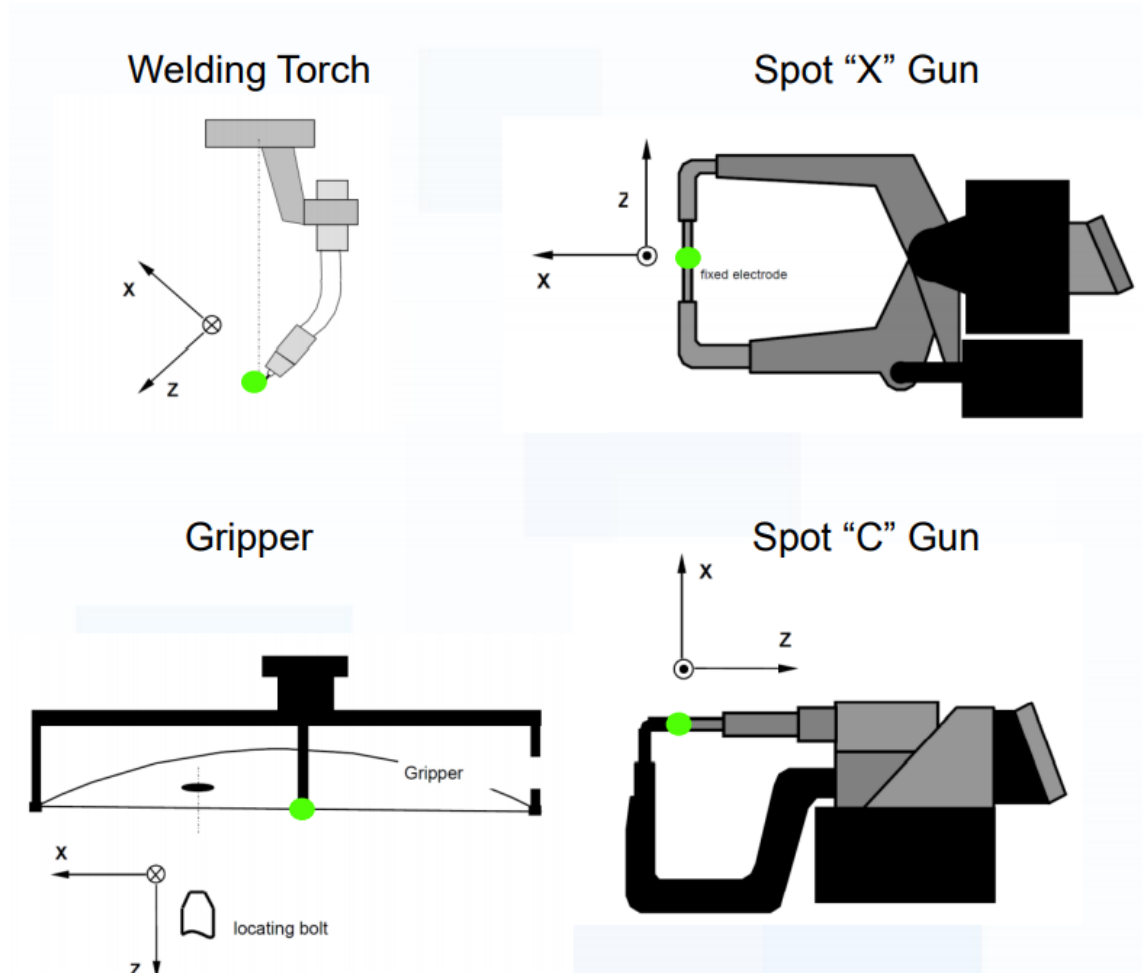
ERITYISTÄ:

Ongelma tilanteissa, kun robotti on ajettu liian lähelle turva sädettä, laite pysähtyy. Rajalta pääsee pois pakko liikkeellä Deadman + shift + reset ja haluttu liike nämä kaikki on oltava painettuna kaiken aikaa suositeltava, käyttää liikemuotona joint. Liike on turvallisuus syystä lyhyt ja joudut todennäköisesti tekemään tämän useamman kerran.

18.2 TCP sijoitus

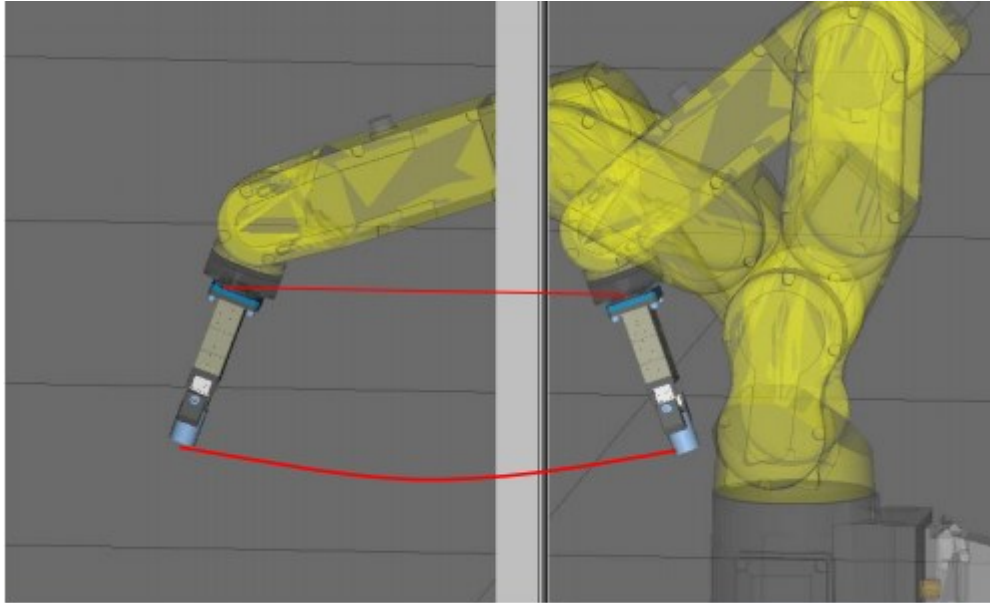
(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Tausta tietoja TCP asennoista. Kuvassa alla on näytetty missä asennoissa koordinaatiston on järkevää olla. Z hyvä asettaa aina suoraan työkalun lähestymisen liikettä kuten on esitetty mekaanisissa tarttujissa ja imukupissa.



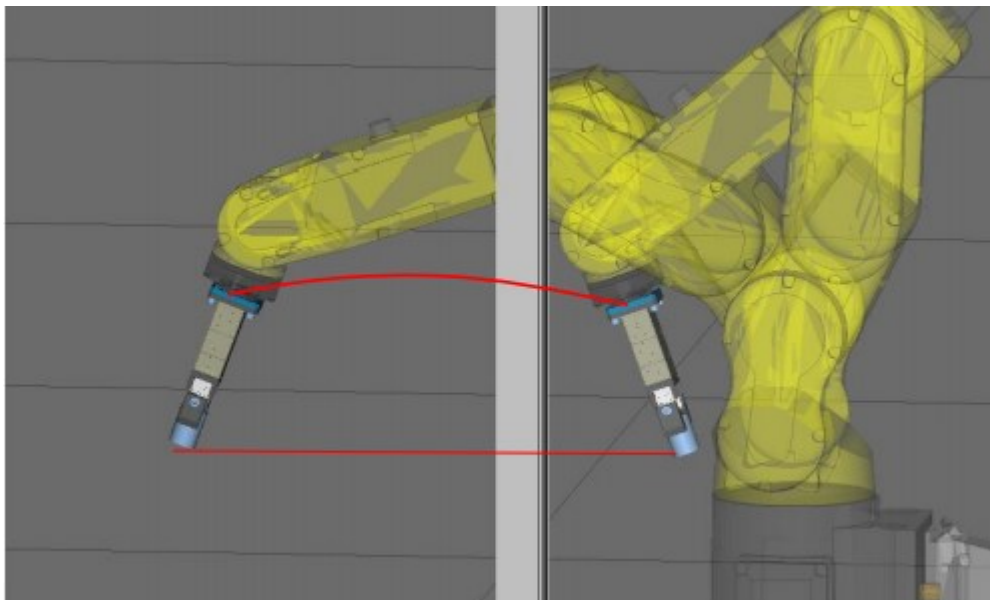
(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Kuvassa alla TCP on työkalun ja laipan kiinnityspisteessä, tällöin esimerkki kuvan tarttujan tartunta pisteen tarkka ohjaaminen on lähes mahdotonta.



(Kuva: Jani Rytkö).

Seuraavassa kuvassa on esitetty, kuinka robotti liikkuu vapaasti ja tartunta pisteen liikerata on kuten suunniteltu.



(Kuva: Jani Rytkö).

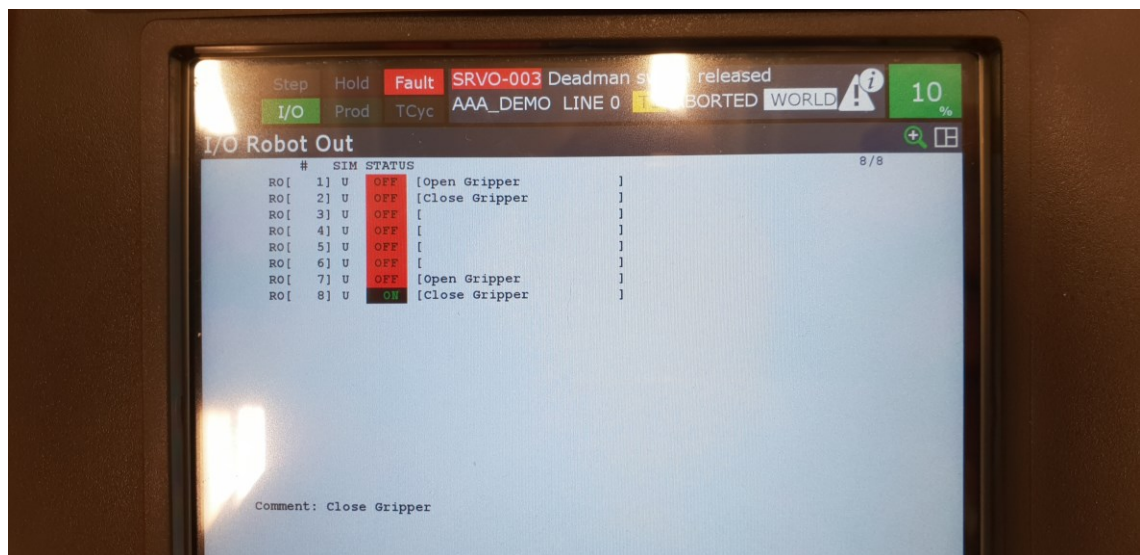
Tarvitaan robottisolu:

- Lyhyt tanko
- Pitkä tanko
- Taivutettu ns. hitsaussuutin

Aseta pitkä tanko jonnekin kohtaa pöydälle kuitenkin niin, että robotilla on tilaa ja ulottuvuus riittää (teräväpää ylöspäin)

Aseta lyhyempi tanko EGP40 tarraimen leukojen väliin niin että, tanko sijaitsee tasaisesti leukojen välissä. Tarttujaa pystyt ohjaaman I/O valikosta. Asettamalla open gripper asetukselle ON tarttuja avaa leukansa.

MENU → 5 SETUP → 6 ROBOT



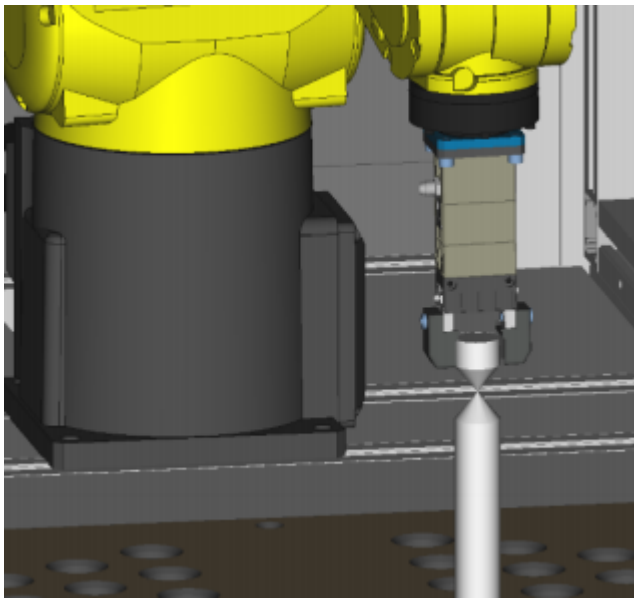
(Kuva: Jani Rytkö).

18.2.1 3 pisteen asettelu

Tämä etenee seuraavasti

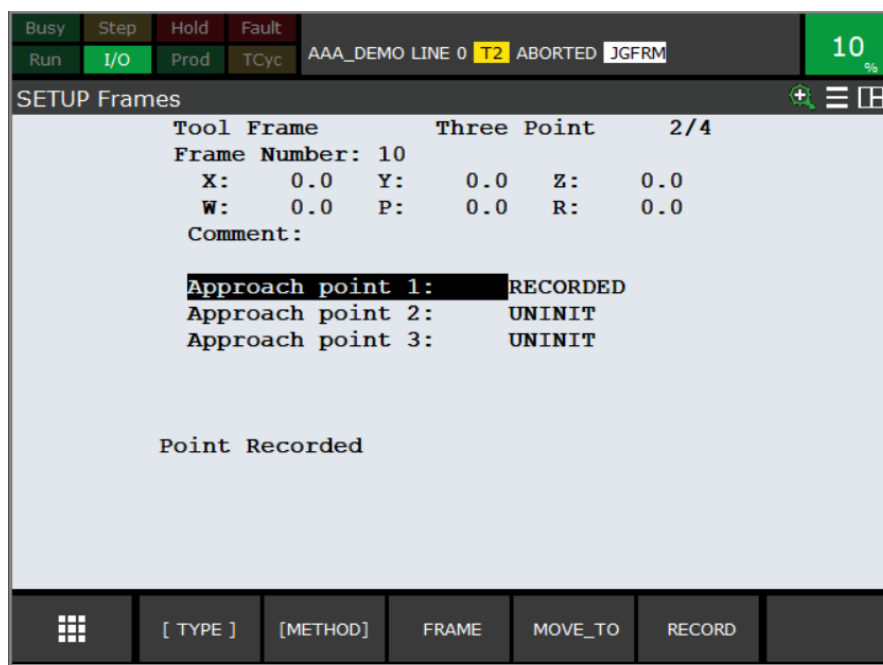
MENU → 6 SETUP → 6 FRAMES → OTHER → 1 TOOL FRAME → VALITAAN HALUTTU FRAME (valitse1) → DETAIL → METHOD → 1 THREE POINT

Ensimmäinen lähestyminen ylhäältä ks. kuva alla.



(Kuva: Jani Rytkö).

Haluttu asento tallennetaan SHIFT+RECORD (RECORD=F5)



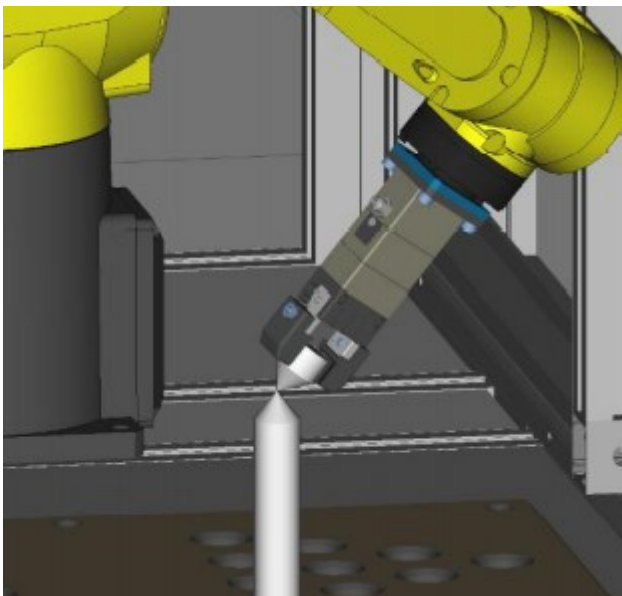
(Kuva: Jani Rytkö).

Toinen lähestymispiste otetaan robotista katsottuna oikealta ja käsivarsi lähempänä lantiota. Ks. Kuva alla.



(Kuva: Jani Rytkö).

Kolmas lähestymispiste vasemmalta ja käsivarsi taivutettuna loitommas lantiosta. On tärkeää huomata, että eri kaltevuuskulmalla robotti kykenee laskemaan pisteen tarkemmin.



(Kuva: Jani Rytkö).

Kun kolmas on tallennettu ilmoittaa, että uusi asento on laskettu.

Asetuksen onnistuminen nähdään, kun tarkistellaan robotin liikkumista suhteessa työkalun kärkeen. Tutki miten suutin liikkuu? Kärjen kuuluisi olla täysin liikkumatta.

Onnistumisen voi myös tarkistaa tälle osiolla palaamalla FRAMES valikkoon ja katsomalla riviltä 1 arvot. Oikeat arvot alla kuvassa. Mahdollinen ero Z arvossa voi johtua myös, ettei lyhyt tanko ole täysin samalla kohden leukojen välissä. Eron ollessa esim. - 5 mm on tanko turhan syvällä leukojen välissä. X ja Y arvot pitää kuitenkin olla 0.

SETUP Frames						
Tool	Frame		/ Three Point		1/10	
	X	Y	Z	Comment		
1	0.0	0.0	145.0	[EGP40]		
2	0.0	0.0	0.0	[]		
3	0.0	0.0	0.0	[]		

(Kuva: Jani Rytkö).

Voit palata FRAME valikkoon ja tarkistella pisteitäsi komennolla MOVE TO. Tarvittaessa muuta asetusta ja tallenna uusi piste. Arvoja pääsee muuttamaan myös käsiin. Tämä työvaihe on selitetty myöhemmin kohdassa asettelu suoraan listasta.

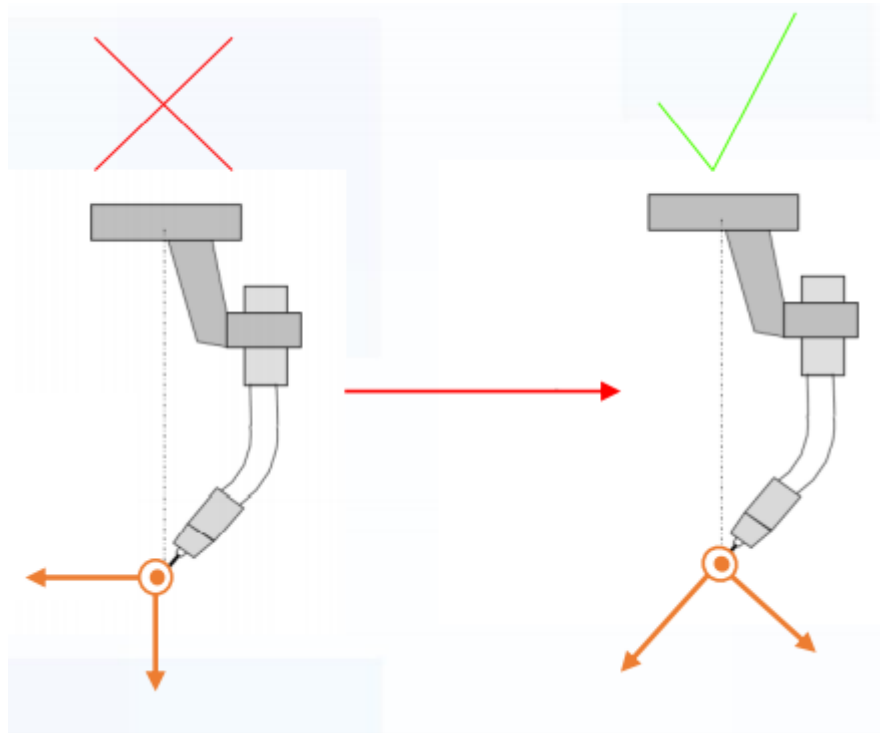
Lisätietoja löydät operaattorin ohjekirjasta kohdasta 3–14.

HUOM JOS teet harjoitusta koneelta käsin tarkistuksen voi tehdä myös Tooling, UT:1(EGP40) tupla klikkaus ja UTOOL. Tarvittaessa muutokset voi tehdä täältäkin

18.2.2 6 pisteen asettelu

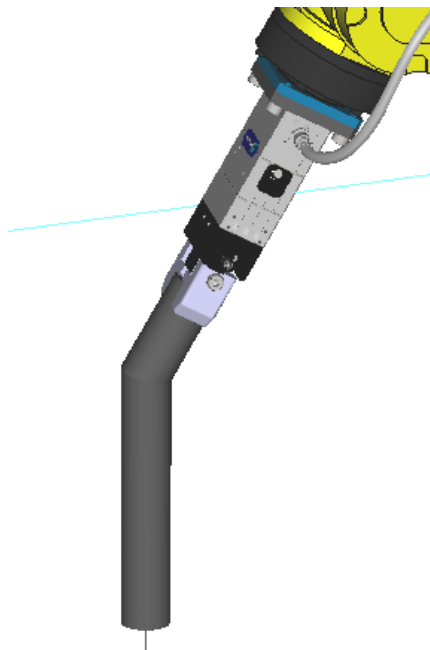
Miksi ei riitä 3 pisteen asettelu?

Alla olevassa kuvassa vasemmalla on tilanne 3 pisteen asettelulla. Tilanteessa TCP on kyllä suuttimen kärjessä mutta ei kohti suorassa suuttimeen nähden. Suuttimen ohjaaminen tarkasti lähes mahdotonta. Lisäämällä 3 pistettä saadaan tilanne käännettyä kuten kuvassa oikealla on esitetty, nyt ohjaaminen suuttimen kärjen suhteen on mahdollista ja voimme antaa robotin löytää helpoin mahdollinen asento saavuttaa tämä piste.



(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Vaihdetaan taivutettu tanko(hitsaussuutin). Taivutuksen ei tarvitse olla täysin 90 asteen kulmassa mutta helpottaa suuresti tekemistä.



Taivutettu tanko sijoitettu leukoihin "hitsaus suutin" (Kuva: Jani Rytkö).

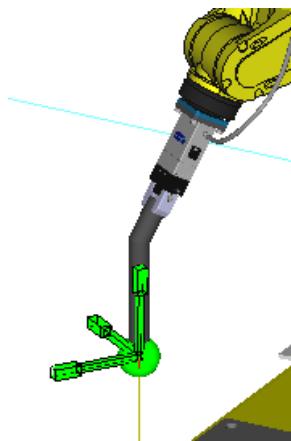
FRAME valikosta haluttu rivi ja METHOD valikosta valitaan nyt joko 2(XZ) tai 3(XY). Erona on muodostuvan koordinaatiston suunta ja mihin suuntaan etenet origon asettamisen jälkeen. Tässä ohjeessa käytämme valintaa 2.

Alkuun samat toimet kuin 3 pisteen kanssa. Aseta tällä kertaa ensimmäinen lähestyminen mahdollisimman tarkasti kohtisuoraan maailmankoordinaatiston

kanssa, näin voit käyttää samaa pistettä myöhemmässä kohtaa origona. Tämä asento ratkaisee paljon lopullisesta onnistumisesta, joten ole tarkkana.

Nyt voit helposti palata pisteeseen yksi klikkaamalla sen ja komennolla SHIFT+MOVE TO palaa ko. asentoon. Valitse ORIENT ORIGIN POINT ja tallenna. Nyt valitse maailmankoordinaatisto ja liiku positiiviseen X-suuntaan, näin pääset helposti haluttuun suuntaan. Tallenna ja liiku positiiviseen Z-suuntaan, kun tämäkin on tallennettu, pitäisi näytössä näkyä viesti uusi asento tallennettu. Nyt valitsemalla TOOL koordinaatisto pitäisi liikkeen keskipisteen olla suuttimen kärjessä ja koordinaatiston XY suunnat olla yhteneväiset maailmankoordinaatiston suhteen.

Tuloksen tarkistaminen. Tutki miten suutin liikkuu? Kärjen kuuluisi olla täysin liikkumatta.



TCP sijainti suuttimen kärjessä. (Kuva: Jani Rytkö).

Nyt voit tehdä uudestaan 3 pisteen kohdistuksen. Tallenna kuitenkin eri riville niin voit vaihtelemalla välillä 3 ja 6 mitä eroja liikkeissä on. Lisätietoja löydät operaattorin ohjekirjasta kohdasta 3–15.

18.2.3 2 pisteen +Z asettelu

Toiminta hyvin samanlaista, kuten 3 pisteen harjoituksessa. Käytetään suoraa työkalua. FRAME→METHOD→4 TWO POINT. Liiku haluttuihin lähestymispisteisiin ja asettele robotti haluamallasi tavalla. Tallenna nämä 2 pistettä/asentoa (SHIFT+F5). Z mitan joudut mittaamaan esim. viivaimella. Z mitataan J6 kiinnityspinnasta työkalun kärkeen tässä tapauksessa lyhyen tapin kärkeen. Tässä harjoituksessa ei tarvitse välittää W, P, R kulmien arvoista koska ne ovat tälle suoralle tapille 0, jos näin ei olisi tulisi ne mitata ja asetella.

Lisätietoja löydät operaattorin ohjekirjasta kohdasta 3–17.

18.2.4 Suoraan listalle asettelu

Toimi kuten aikaisemminkin. FRAME→METHOD→6 DIRECT ENTRY.

Tämä on kaikista nopein ja helpoin tapa asetella. Tätä voit käyttää vain, jos tiedät kaikki tarkat mitat ja kulmat. Tätä kautta voit myös käydä muuttamassa mittoja, jos huomaat ja tiedät jonkin mitan olevan hieman väärin ja et sitä saa korjattua tätä tallentamalla uudelleen kyseisen pisteen.

Lisätietoja löydät operaattorin ohjekirjasta kohdasta 3–16.

Yhteenveto

Suoritettuasi harjoitukset sinulla pitäisi olla käsitys kuin asetella TCP erilaisille työkaluille. Ymmärrys miten TCP vaikuttaa kohteen liikuteltavuuteen ja miksi eri tapoja käytetään.

ERITYISTÄ:

Ongelma tilanteissa, kun robotti on ajettu liian lähelle turva sädettä, laite pysähtyy. Rajalta pääsee pois pakko liikkeellä Deadman + Shift + reset ja haluttu liike nämä kaikki on oltava painettuna kaiken aikaa suositeltava, käyttää liikemuotona joint. Liike on turvallisuus syystä lyhyt ja joudut todennäköisesti tekemään tämän useamman kerran.

18.3 Ohjelmointiharjoitus



(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Harjoituksen tarkoitus

Tässä harjoituksessa opetellaan tekemään yksinkertainen ohjelma.

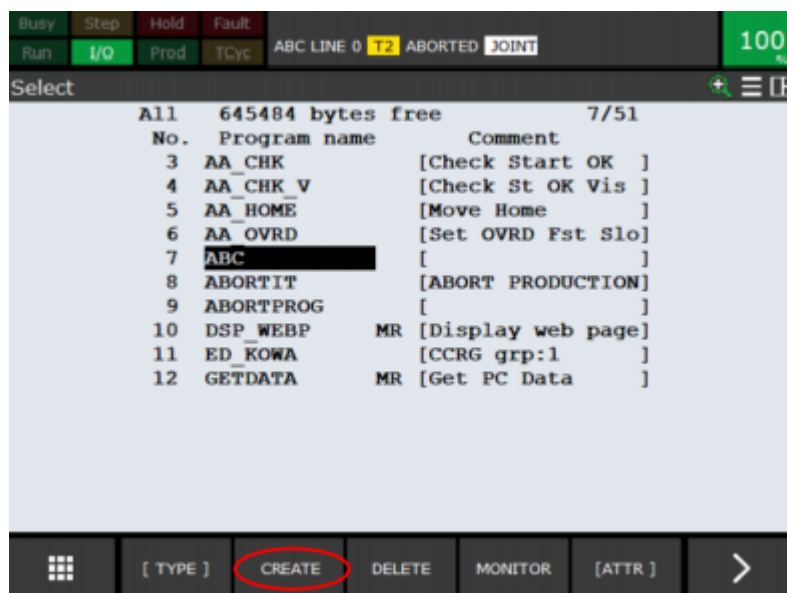
Tausta tietoa

Teollisuudessa robotit suorittavat näitä kerran tehtyjä ohjelmia jatkuvalla syklillä ja tällöin saadaan tehokkaasti sekä erityisesti tarkasti tuotettua työtä.

Ohjelmoinnin aloitus

Asetetaan 3-asentoinen kytkin asentoon T1 ja käännetään käsiohjaimen kytkin "on" asentoon. Aseta overdrive 10 %.

Paina SELECT, seuraavaksi F2 CREATE. Tämän jälkeen laite pyytää sinua nimeämään ohjelman.



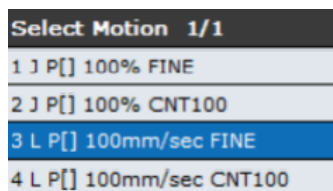
(Kuva: Jani Rytkö).

Anna nimi ja paina enter. EDIT komennolla pääset ohjelmasi sisälle ja valmis antamaan ensimmäisen käskyn. Liikuta robotti johonkin pisteeseen ja tallenna piste. Tämä tapahtuu F1 POINT näppäimellä.



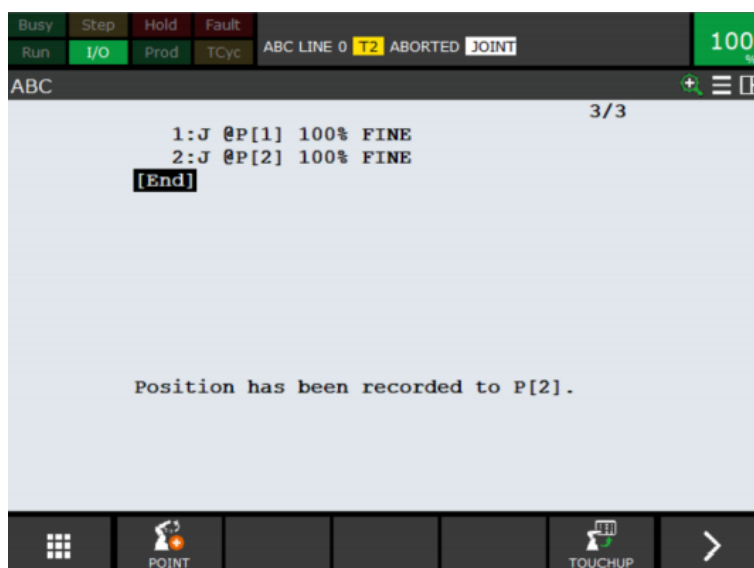
(Kuva: Jani Rytkö).

Sinulle tarjotaan 4 erilaista perusliikettä valikoiduilla nopeuksilla ja tarkkuudella. Oletuksen kone käyttää L (Linear). Käytetään tässä vaiheessa ensimmäistä vaihtoehtoa.



(Kuva: Jani Rytkö).

Valitse toinen piste ja tallenna rekisteriin.



(Kuva: Jani Rytkö).

Operaattorin manuaalista löydät tarvittaessa lisätietoa osiosta 4.3.1 liiketavasta 4.3.3 liikkeiden nopeudesta ja 4.3.4 liikeradan tarkkuudesta. Halutessasi muuttaa liiketapaa liiku arvon kohdalle ja painamalla CHOICE, muita arvoja voit muuttaa suoraan näppäilemällä arvon kohdalle. Hyväksy muutos painamalla ENTER.

Huomaa jos tarvitsisit ohjelmassasi samoja pisteitä voit kopioida rivejä, eikä ole tarvetta erikseen liikkua etsimään sopivaa kohtaa. Toiminto löytyy valikosta EDCMC (F5). Suositeltavaa, jos ohjelmassa on samoja pisteitä, pidä ne saman numeroisena. Oletuksena ohjelma numeroi kohteet uudestaan. Tällä vältät sekaantumisia.



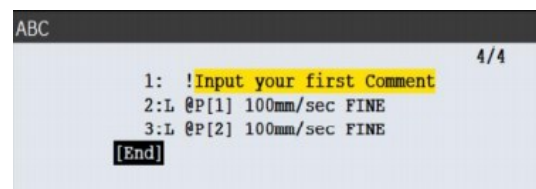
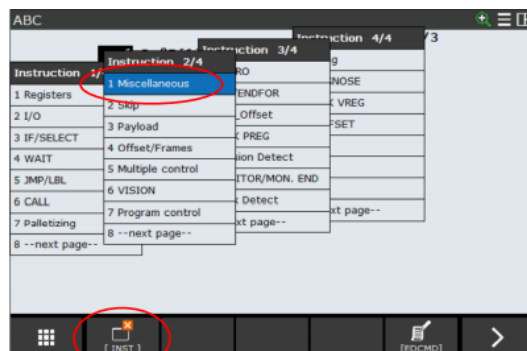
(Kuva: Jani Rytkö).

Seuraavaksi kokeilemme ohjelman toimintaa. STEP näppäimellä päästään ajo-tilaan ja näppäimillä FWD (eteen) sekä BWD (taakse) voidaan liikkua askel kerrallaan ohjelmassa. Tämä askel kerrallaan liikkuminen on hyödyksi, kun ohjelmassa on useita tarkisteltavia pisteitä. Jos ohjelma näyttää toimivan voit lisätä liikenopeutta muuttamalla rajoittimen %arvoa. Painamalla uudestaan STEP tämän jälkeen robotti toistaa kaikki ohjelmoidut pisteet.

Vaihda nyt (L) liike (J) ja tutki näetkö muutosta toiminnassa.

Sinun ensimmäinen ohjelmasi on nyt valmis. Helpottaaksesi muiden ohjelmasi ymmärtämistä, lisätään sinne muutama kommentti toiminnasta ja asennoista. Tämän opettelu on, kun jatkossa ohjelmissa saattaa olla yli 100 riviä.

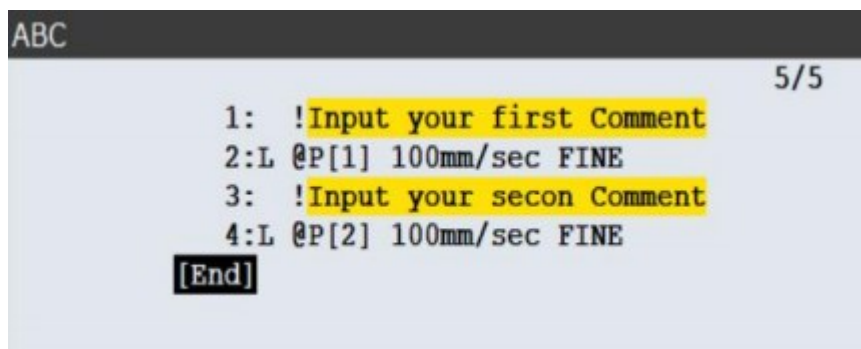
Paina F6 (NEXT) → F5 (EDCMD) ja INSERT. Ohjelma kysyy, montako riviä lisätään? Lisää 1. Valitse F1 (INST) → MISCELLANEOUS → REMARK painamalla enter voit kirjoittaa kommenttisi, sulje kommentti kenttä painamalla enter.



(Kuva: Jani Rytkö).

Lisää toinen kommentti 2 ja 3 rivin väliin. Voit myös kommentoida pisteitä, tehdäksesi tämän mene halutun kohdan päälle ja paina enter. Sitten vain kirjoitat kommentin suoraan siihen ruutuun.

Ohjelman tulisi näyttää tältä:



(Kuva: Jani Rytkö).

Nyt sinulla on perustieto ohjelmoinnista ja voit alkaa lisäämään pisteitä sekä muuttaa niiden liike tyyppejä sekä nopeuksia. Muista aina lisätä tarpeellisia kommentti kenttiä.

TÄRKEÄÄ:

Aja aina käsi käytöllä robottia hiljaisella nopeudella. Vasta kun olet käynyt ohjelmasi läpi askel ajolla, myös 100 % nopeudella voit siirtyä automaatti ajoon. Aina

on mahdollista, että olet tallentanut väärän pisteen tai liiketapa tekee jotakin odottamatonta. Automaatti ajossakin kannattaa kokeilla ensin hiljaisemmalla rajoituksella ennen siirtymistä 100 %.

18.4 User Frame



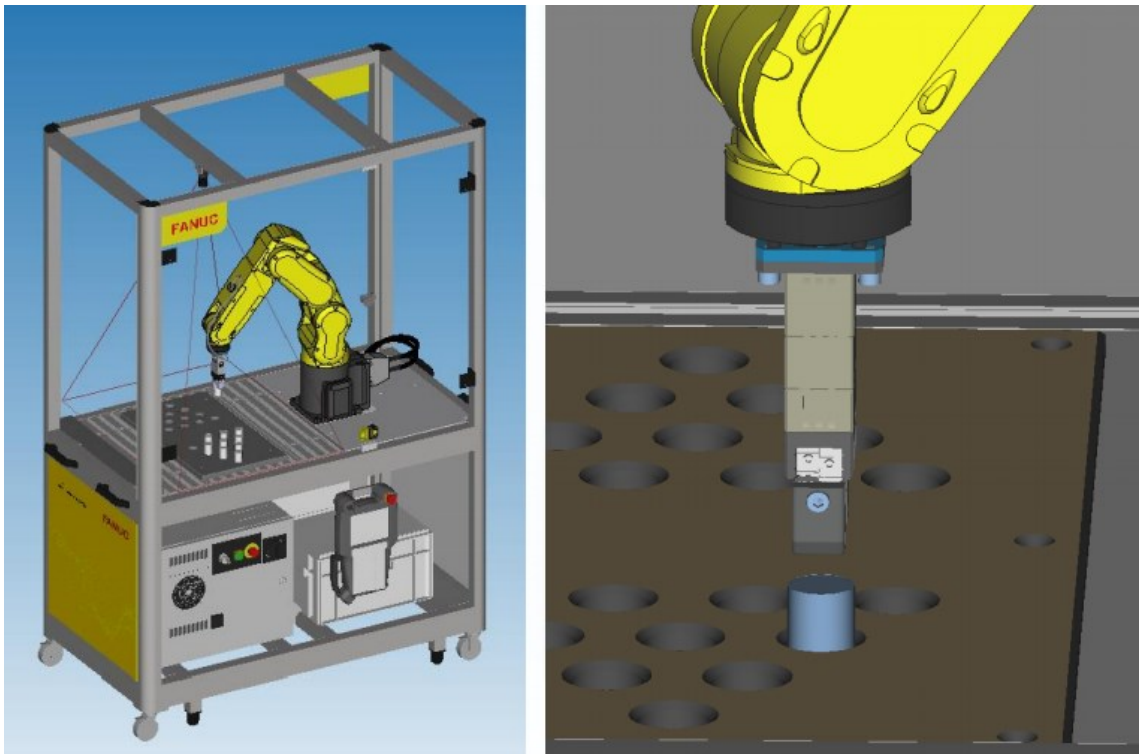
(Kuva: R-30iB Plus basic operator manual copyright©FANUC Europe).

Harjoituksessa opetellaan kuinka Frameja hyväksi käyttämällä voidaan välttää turhien liikeratojen tekemistä. UFrame on cartesian koordinaatisto, joka on helppo tapa opettaa sekä operoida robotin kanssa. Harjoituksen tarkoituksena on, oppia kuinka ohjelmassa voidaan helposti käyttää eri Frameja ilman suurta säätämistä.

Harjoituksen tekemiseen tarvitset:

Robotti solun ja lyhyen sylinterimäisen tapin.

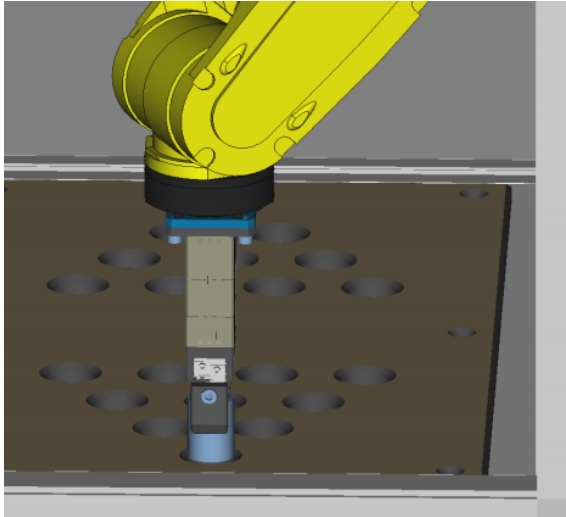
User Frame määrittelee työalueen. Tässä harjoituksessa on hieman harhaan johtavasti reikälevy samassa tasossa maailmankoordinaatiston kanssa. Tilanne menisi todella hankalaksi esimerkiksi, jos asetamme reiät WCS ja siirtäisimme levyä vaikka 5 cm eteenpäin ja kallistetaan 45°. Tässä tilanteessa joutuisi asettamaan kaikki uudestaan, mutta käytettäessä UFrame tarvitsee vain määrittää uudestaan Framin sijainti ja reikä patteristo siirtyy automaattisesti mukana.



(Kuva: Jani Rytkö).

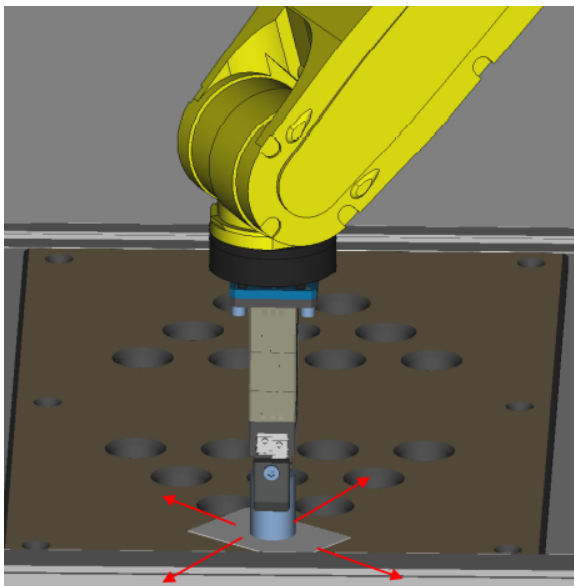
Aluksi tarkista, että työkalun TCP sijaitsee leukojen välissä, tutkimalla kuinka robotti liikkuu suhteessa tarttujaan, onko asema oikea. Jos havaitset liikkeen olevan pielessä. Aseta TCP kohdalleen apua löydät harjoituksesta 2.

Homma aloitetaan asettamalla User Frame vasempaan reikä kuvioon (robotista katsottuna). Valikkoon pääset samaa reittiä kuin aikaisemmin tehdyssä TCP asettelussa. MENU → 6 SETUP → 6 FRAMES → OTHER → käytä User Frame 6. Sijoita origo mahdollisimman keskelle ensimmäistä reikää.



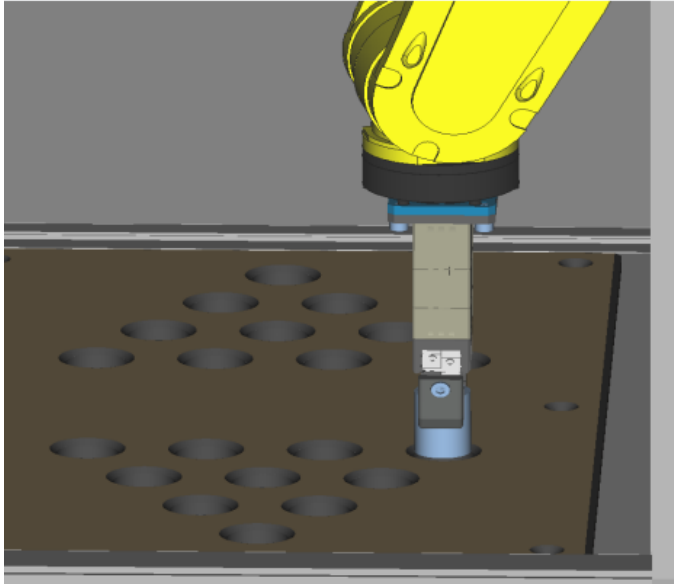
(Kuva: Jani Rytkö).

Nyt aseta Z korkeus niin että paperin pala pystyy liukumaan palikan ja tason välissä. pystyt liikkumaan pelkästään ylöspäin, Z-akselilla painamalla Z+. Z korkeus kuuluu harjoituksessa olla, hieman tason yläpuolella näin vältetään robotin törmäminen pöytään. Tallenna piste origoksi.



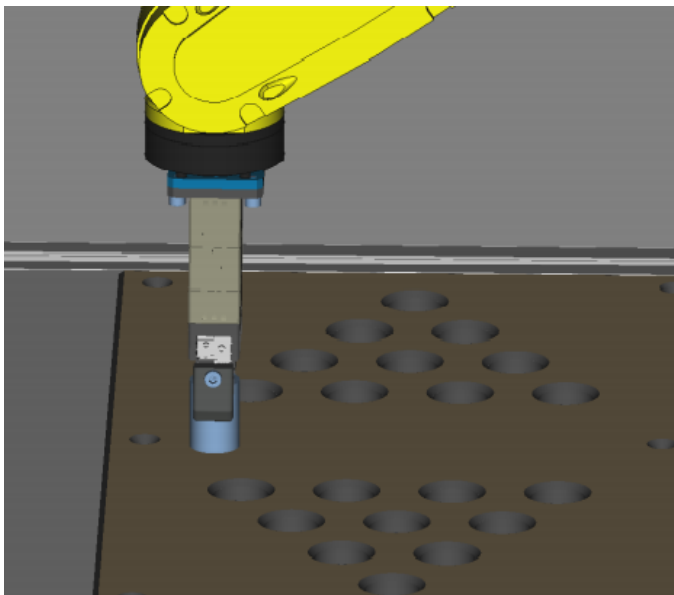
(Kuva: Jani Rytkö).

Aseta X-akseli samalla tavalla, kuin toimit edellisissäkin pisteessä. Piste tulee sijoittaa lähimpänä robottia olevaan reikään.



(Kuva: Jani Rytö).

Aseta vielä Y-akseli. Piste tulee nyt etäisimpään reikään. Huomioitavaa että mitä pidemmät välimatkat reikien välissä sitä tarkemman koordinaatiston saat.



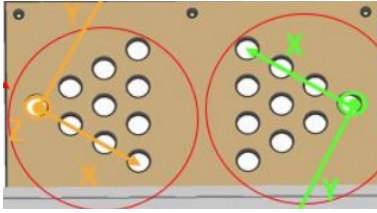
(Kuva: Jani Rytö).

Tallennettuasi 3 pisteen aseta UFrame 6 aktiiviseksi. Tämä onnistuu painamalla SetLnd(F5).

Halutessasi voit kerrata harjoituksesta 2 3pisteen asettelun tai käyttöoppaasta kohdasta 3–18.

Tee vastaavasti toiseen ruudukkoon FRAME, jonka numeroksi tulee 5.

Kuvassa oranssi on numero 6 ja vastaavasti vihreä on 5.



(Kuva: Jani Rytkö).

Luodaan ohjelman pätkä, joka tulee kotipisteestä ja hakee palikan. Kuljettaa toiseen reunaan ja palaa samaa reittiä palikka mukanaan. Lopuksi suorittaa paaluun kotiin. Ohjelman luonti opeteltiin aikaisemmassa tehtävässä.

Aloita uusi ohjelma. Kirjoita tarvittavat kommentit. Painikkeen INST(F1) alta löytyy valikot, joista voit hakea tehtäviä. Nyt sivulta 2/4 valitse OFFSET/FRAMES alta 2 UFRAME_NUM. Numerointitavaksi valitse CONSTANT. Valinta ruudun ollessa kohdallaan pääsee LIST(F5) painikkeella valitsemaan oikean Framen. Tarttuja ohjelmien alkuun on hyvä lisätä komento leuka auki, vaikka oletuksena olisi tämä ohjelman lopussa erikseen avattukin. Tämän komennon löydät INST, I/O, 3 RO[]=... harjoituksessa käytettävä OUTPUT on numero 7. CHOICE valikosta voit valita ON/OFF. Tartunnan ja avaamisen jälkeen on hyvä lisätä viive, jotta toiminto ehtii varmasti suoriutua ennen seuraavaa liikettä.

```

Hold  Fault
Prod  TCyc  TEHTAVA LINE 0 T2 ABORTED TOOL
2/32
1:  !tehtava.4!!
2:  !valitse oikea UFrame
3:  UFRAME NUM=6
4:  RO[7]=ON
5:L  P[2:above pick poin1] 100mm/sec
   :  FINE
6:L  P[1:pick up point 1] 100mm/sec
   :  FINE
7:  !tartunta
8:  RO[7]=OFF
9:  !lisataan varmuudeksi viive

11/34
10:  WAIT .50(sec)
11:L  P[2:above pick poin1] 100mm/sec
   :  FINE
12:L  P[4:above point 2] 100mm/sec
   :  CNT100
13:L  P[5:pick up point 2] 100mm/sec
   :  FINE
14:  !irroitus
15:  RO[7]=ON
16:  WAIT .50(sec)
17:L  P[4:above point 2] 100mm/sec

```



```

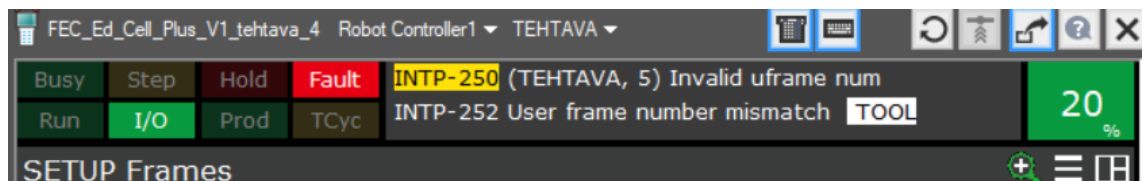
18: CALL AA_HOME
19: !paluu kierros
20:
21:L P[4:above point 2] 100mm/sec
   : FINE
22:L P[5:pick up point 2] 100mm/sec
   : FINE
23: RO[7]=OFF
24: WAIT .50(sec)
25:L P[4:above point 2] 100mm/sec
   : FINE

26:J P[2:above pick poin1] 100% FINE
   :
27:J P[1:pick up point 1] 100% FINE
   :
28: RO[7]=ON
29: WAIT .50(sec)
30:J P[2:above pick poin1] 100% FINE
   :
31: CALL AA_HOME
[End]

```

(Kuva: Jani Rytkö).

WAIT komento löytyy INST alta. Loppuun sijoita kotipisteeseen paluu ohjelma. Kun olet saanut ohjelman toimimaan, vaihda aktiivinen FRAME 5:seksi ja ohjelman sisällä vastaava vaihto FRAME NUM=5. Huomaa, jos et vaihtanut numeroa ohjelmassa suorittaa saman kuin aikaisemminkin. Nyt kuitenkin saat tämänlaisen ilmoituksen.



(Kuva: Jani Rytkö).

Ratkaistaksesi tämän ongelman tee uudestaan FRAME 6 oikeanpuoleiseen ruudukkoon ja aseta aktiiviseksi, sekä vaihda ohjelmassa takaisin 6:seksi. Nyt ohjelma suoritetaan oikeanpuoleisessa ruudukossa. Tällä tavoin saat muokatua ohjelman toiselle puolelle, mutta huonoa tässä tavassa on asettelujen hitaus sekä toisen FRAMEN katoaminen.

Tehdään asia toisella tavalla. Poista FRAME6 kokonaan. Tee uudet fraimit nyt oikealle numero 5 ja vasemmalle 4. Nyt ohjelmaan lisätään nauhoitus komento PR[] tämän löydät INST→REGISTES, jolla lisätään haluttu koordinaatisto valitsemaasi tallennuspisteeseen, näitä on käytössä 100kpl. Seuraavana esimerkin rivillä 8 kerrotaan vanhalle FRAME6:selle sen olevan mitä paikalla PR[10] on

tallennettu. Jatkossa tarvitsee vain vaihtaa riville 5 UFRAME[?]. Näin toimituna on paljon nopeampaa, sekä selkeämpää tehdä muutoksia. Huomaa että ohjelma käyttää edelleen sinne ohjelmoitua FRAME6, vaikka todellisuudessa sitä ei enää ole. Jos menet muuttamaan riville 10 arvoja pysähtyy ohjelma ja antaa Fault ilmoituksen kuten edellä.

```
1/38
1: !tehtava.4!!
2: !valitse oikea UFrame
3: !tallenna position rekisteriin
4: !paikalle 10 frame jota tarvitset
5: PR[10]=UFRAME[4]
6: !nyt kerrot vanhalle framelle sen
7: !uudet arvot
8: UFRAME[6:practice4]=PR[10]
9: RO[7:Open Gripper]=ON
10: UFRAME_NUM=6
11:L P[2:above pick poin1]
```

(Kuva: Jani Rytkö).

Harjoituksen suoritettuasi sinulla on käsitys mitä Framit on ja miksi on tärkeää osata käyttää niitä oikein.

Huomaa taas, että robotissa voi ilmentyä odottamattomia liikkeitä puolen vaihdoissa eli aloitetaan testi ajo hitaalla nopeudella. Siirtyen kohti maksimia.