

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka, Koneautomaatio

2019

Sanna Pohjanpalo

MOTOSIM EG-VRC -OHJELMAN KÄYTTÖÖNOTTO

– Käyttöohjeen laatiminen

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka, Koneautomaatio

2019 | 15+23

Sanna Pohjanpalo

MOTOSIM EG-VRC -OHJELMAN KÄYTTÖÖNOTTO

- Käyttöohjeen laatiminen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä MotoSim EG-VSC:n käyttöön ja saada se Koneteknologiakeskus Turku Oy:n sekä Turun ammattikorkeakoulun yhteiskäyttöön. Tavoitteena oli luoda simulointimalli Koneteknologiakeskuksen särmäyssolusta sekä käyttöohje MotoSim EG-VRC-ohjelmasta tulevaa varten. Tavoitteena oli kehitellä myös harjoitustöitä offline-ohjelmointiin.

Työ aloitettiin opiskelemalla itsenäisesti MotoSim EG-VRC-ohjelman käyttöä ja rakentamalla haluttua särmäyssolua. Itseopiskelun tueksi suoritettiin Yaskawan järjestämä koulutus ohjelmaan liittyen. Solun simulointi aloitettiin määrittämällä oikean robotisolun mitat ja selvittämällä käytössä olevan robotin tiedot ottamalla siitä varmuuskopio. Mallia rakentaessa pohdittiin asioita, joihin olisi hyvä saada ohjeistusta ja ne kirjattiin ohjeeseen.

Työn tuloksena saatiin käyttöohje MotoSim EG-VRC:lle sekä simulointimalli KTK:n särmäyssolusta. Tästä on apua robottien ohjelmoinnin harjoitteluun, nykyaikaisesti ja monipuolisemmin kuin ennen ohjelmiston käyttöönottoa. Tämä opinnäytetyö sisältää lisäksi yleisiä offline-ohjelmointiin liittyviä vaiheita. Työssä valmistunutta ohjetta tullaan käyttämään opetuksessa ja tarvittaessa täydentämään.

ASIASANAT:

Offline-ohjelmointi, simulointi, MotoSim EG-VRC, käyttöohje.

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering, Machine Automation

2019 | 15+23

Sanna Pohjanpalo

INTRODUCTION OF MOTOSIM EG-VRC - PROGRAM

- creating instruction manual

The purpose of this thesis was to study the basics of MotoSim EG-VRC and get it into educational use in Machine Technology Center Turku Oy and Turku University of Applied Sciences. The main objective was to create a simulation model of the edge-cutting machine robot cell of Machine Technology Center and a manual for MotoSim EG-VRC. The secondary objective was to create exercises for offline programming.

The work started with independent learning on how to use MotoSim EG-VRC while building the robotic cell. Later a course of robotic programming by Yaskawa was attended. Simulating the cell was started by defining the right measurements of the robot and the definitions were inquired by taking a backup of the robot's program. While building the model, the proper instructions for the manual were thought over.

The result was a manual for the MotoSim EG-VRC and a simulation model for Machine Technology Center's robotic cell. It will help the students learn programming robots in a more modern and diverse way than before. This thesis also includes common steps of offline programming. The manual will be used in teaching as it already is and will be refined later if needed.

KEYWORDS:

Offline-programming, simulation, MotoSim EG-VRC, operating instruction.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 MOTOSIM	7
3 SIMULOINTI	8
4 OHJELMOINTI	9
4.1 Online-ohjelmointi	9
4.2 Offline-ohjelmointi	9
4.3 Koordinaatistot	10
5 LOPUKSI	13
LÄHTEET	14

LIITTEET

Liite 1. MotoSim EG-VRC -käyttöohje.

Liite 2. Harjoituksia MotoSim EG-VRC.

KUVAT

Kuva 1 Tool Center Point	11
Kuva 2 Lavan kulmaan luotu käyttäjäkoordinaatisto	12
Kuva 3 MotoSim EG-VRC-ohjelmalla mallinnettu robottisolu	13

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

KTK	Koneteknologiakeskus Turku Oy, Puhekielessä käytetty lyhenne Koneteknologiakeskuksesta.
TCP	Tool Center Point, piste robotin työkalun keskipisteessä.

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia käyttöohje Yaskawan kehittämään MotoSim EG-VRC-ohjelmistoon, jota käytetään offline-ohjelmointiin ja robottisimulointiin. Työ tehtiin Turun ammattikorkeakoululle tarkoituksena saada ohjelman käyttö mukaan uusien koneautomaatiotekniikan opiskelijoiden opetukseen. Kolmantena osapuolena työn teossa on Koneteknologiakeskus Turku Oy, jonka tiloissa Turun ammattikorkeakoulun käytössä olevat robotit sijaitsevat.

Nykyisin opiskelijat tutustuvat simulointiin ABB:n RobotStudio-ohjelman avulla. Tällä ohjelmistolla luotuja ohjelmia ei kuitenkaan päästä testaamaan oikeilla roboteilla, sillä Turun ammattikorkeakoululla ei ole käytössään ABB:n robotteja. Yaskawan valmistamia Motoman-robotteja on ammattikorkeakoululla käytössä useita, joten MotoSim-ohjelmiston avulla luotuja ohjelmia päästäisiin testaamaan todellisuudessa.

Ohjelmaan tutustumisen jälkeen työn tarkoituksena on luoda käyttöohje MotoSim EG-VRC-ohjelmaan sekä luoda simulointimalli KTK:n tiloissa olevasta särmäyssolusta. Tässä opinnäytetyössä käsitellään MotoSim-ohjelmaa ja yleisiä ohjelmointiin liittyviä kohtia kuten eri koordinaatistoja.

2. MOTOSIM

MotoSim EG-VRC on Yaskawan kehittämä ohjelmisto Motoman-robottijärjestelmien simulointiin ja offline-ohjelmointiin (Yaskawa 2015).

Järjestelmä on suunniteltu vähentämään robotin opettamisen kuluvaan aikaan ja näin kasvattamaan tuottavuutta sekä takaamaan operaattorin turvallisuus viemällä ohjelmointi PC:n äärelle robotin vierestä. MotoSim käyttää INFORM-kieltä sekä samaa kinemaattista mallia kuin robottiohjain, joten robottityöt voidaan luoda offline-tilassa. MotoSim EG-VRC-ohjelma tukee yleisimpiä 3D CAD -tiedostomuotoja, kuten esimerkiksi IGES, STEP, Solidworks, Catia V5 ja SAT. (Yaskawa 2018.)

MotoSim-ohjelman tärkeimpiä ominaisuuksia ovat ulottuvuuden ja saavutettavuuden sekä jaksonajan analysointi. Ohjelman oma mallikirjasto, joka kattaa laajasti Yaskawan robotit sekä MotoSimin tarjoamat esimerkkisolut ovat myös tärkeitä ominaisuuksia. (Yaskawa 2018.) MotoSim-ohjelmalla luodusta robottiohjelmasta voidaan ottaa 3D PDF- tai AVI -tiedosto eli simulaatio pystytään lähettämään tarkastettavaksi sellaiselle, jolla MotoSim-ohjelmaa ei ole käytössä. Katselukulmaa ja robottiohjelman tallenteen toistoa pystytään muokkaamaan 3D PDF:ssä.

Robotin asemaa ja akselien asentoja pystytään muuttamaan helpoiten vetämällä hiirellä (Yaskawa 2018). Robottiakseleita pystyy liikuttamaan halutessaan koordinaatistoakselien suuntaisesti, tasojen suuntaisesti tai kiertäen koordinaattiakselien ympäri.

3. SIMULOINTI

Simulointi on todellisen ympäristön ja toiminnan mallintamista virtuaaliseen ympäristöön (Simulation 2018). Simulaation voi luoda yksittäisistä kappaleista tai suuresta kokonaisuudesta. Nykyään simulointia käytetään monella tapaa, on simulaatioita rakennuksista, urheilusta, peli simulaatioita ja ajo-opetukseen käytettäviä simulaatioita.

Robottipohjaisten järjestelmien sekä prosessien virtuaalinen simulointi tarjoaa suuren edun niin suunnittelussa kuin tällaisten järjestelmien käyttöönotossa ja käytössä. Erityisen kalliita virheitä pystytään näin välttämään luotettavammin ja resursseja käyttää tehokkaammin. (Blomeyer 2015.)

Nykyaikaisilla simulointi- ja mallinnusohjelmilla päästään nopeaan ja virheettömään toimintaan hyvin todennäköisesti. Virtuaalisessa simulointimallissa pystytään tarkastelemaan työstökoneen tai robotin liikeratoja jo ennen valmistusta, eikä tuotantoa tarvitse keskeyttää. Tietokoneella luodaan mallit kappaleista ja kokoonpanoista, joista ohjelman avulla voidaan suorittaa alustavia lujuustarkasteluita sekä erinäisiä osasimulointeja. Tuotantoprosessin simuloinnissa pyritään saamaan robottisolun käyttöaste mahdollisimman korkeaksi pienentämällä seisokki aikoja. Uudet laitteet pystytään mallintamaan, simuloimaan ja testaamaan tietokoneella, ilman että robottijärjestelmää tarvitsee pysäyttää. (Rainio 2014, 11–13.)

4. OHJELMOINTI

Pääohjelmointitapoja on kolme: ohjelmointikielellä tapahtuva ohjelmointi, opettamalla tapahtuva ohjelmointi ja simulointiohjelmalla tapahtuva ohjelmointi. Ohjelmointikielellä voidaan ohjelmoida sekä online- että offline-tilassa. (Tuunanen 2014, 34.)

4.1 Online-ohjelmointi

Online -tilassa tapahtuvan ohjelmoinnin aikana robotti ei voi olla toiminnassa. Ohjelmointikielellä komennot valitaan robotin pendantin eli ohjaimen valikoista, jonka jälkeen arvoja voidaan muuttaa halutulla tavalla. (Tuunanen 2014, 34–35.)

Opettamalla ohjelmointi tapahtuu liikuttamalla robotti ohjaimella haluttuun paikkaan ja asentoon. Kun paikka ja asento on silmämääräisesti tarkastettu, tallennetaan paikkatieto ohjaimella. Seuraavaa pistettä varten robotti ohjataan uuteen paikkaan ja sen asento muutetaan taas halutun mukaiseksi, jonka jälkeen paikkatieto tallennetaan samalla tavalla kuin edellinen. Paikkojen ja asentojen lisäksi myös robotin siirtymätapa paikkojen välillä määritetään. Siirtymätapa voi olla esimerkiksi lineaarinen tai kaareva. Robotin liikenopeudet määritetään jokaiselle siirtymälle sopivaksi ja haluttujen työkalujen, esimerkiksi tarttuvien, toiminnot pystytään määrittämään. Nämä askeleet tehdään niin monelle pisteelle kuin halutaan ja katsotaan tarpeelliseksi. Robotti toistaa radan ja toiminnot automaattisesti, kun se asetetaan automaatti- eli Play-tilaan. (Tuunanen 2014, 35.)

Online-ohjelmointia voidaan joillakin pienemmillä roboteilla tehdä myös johdattamalla eli liikuttamalla robottia käsin haluttujen pisteiden kautta ja haluttua liikerataa pitkin. Johdattamalla ohjelmointi on kuitenkin liikeradoiltaan epätarkka, ja toistorakenteen puuttumisen takia, esimerkiksi kappaleiden nouto paletilta, tulee toistaa jokaisen kappaleen kohdalla erikseen (Salmi 2017, 9–10).

4.2 Offline-ohjelmointi

Offline-tilassa tapahtuvan ohjelmoinnin aikana robotti voi olla toiminnassa, sillä ohjelmointi tapahtuu erillisellä tietokoneella olevalla simulointiohjelmalla. Mallipohjaisessa eli simulointiohjelmassa tapahtuvassa ohjelmoinnissa robotille määritellyt liikkeet muutetaan automaattisesti robotin ohjelmointikielelle. Ohjelma siirretään jälkikäteen robotin kontrolleriin, eli robotin logiikan sisältävään laitteeseen. (Tuunanen 2014, 34–35.)

Tekstipohjaisessa etäohjelmoinnissa ohjelma luodaan erillisellä tietokoneella kirjoittamalla käskyt ohjelmointikielellä. Tämän ohjelmointitavan käyttö on kuitenkin vähäisiä kehittyneiden mallinnusohjelmien ansiosta sekä siksi, että robotin paikkatiedot joudutaan tarkistamaan online-tilassa robotilla. (Salmi 2017, 10.)

Mallipohjaisessa etäohjelmoinnissa robottisolusta on luotu simulointimalli, jossa robotin liikeratojen luomiseen käytetään apuna 3D-malleja työstettävistä kappaleista. Tätä ohjelmointi järjestelmää voidaan käyttää myös robottisolujen suunnitteluun layoutin sekä törmäystarkasteluiden osalta. Mallipohjaisesti voidaan myös testata olemassa olevien työkalujen ja tarttujen sopivuus uusiin tuotteisiin sekä toisin päin. (Salmi 2017, 10–11.)

Mallipohjaisessa ohjelmoinnissa pystytään käyttämään luotua simulointimallia hyödyksi siten, että työkalukoordinaatiston saa yhdistettyä geometriamuotoihin, kuten reunoihin, kulmiin tai tasoihin. Tämä ohjelmointimuoto muistuttaa opettavaa ohjelmointia, sillä mallipohjaisessa ohjelmoinnissa virtuaalinen robotti liikutetaan haluttuihin pisteisiin, jotka tallennetaan. Mallipohjainen ohjelmointi on kuitenkin nopeampaa muototietojen hyödyntämisen ansiosta. Robotin liikerata voidaan ohjelmoida työstettävän kappaleen suhteen, joten kappaletta liikuttaessa robotin liikepisteet siirtyvät myös eikä pisteitä tarvitse ohjelmoida uudelleen, sillä koordinaatistomuutokset huomioidaan automaattisesti (Salmi 2017, 11).

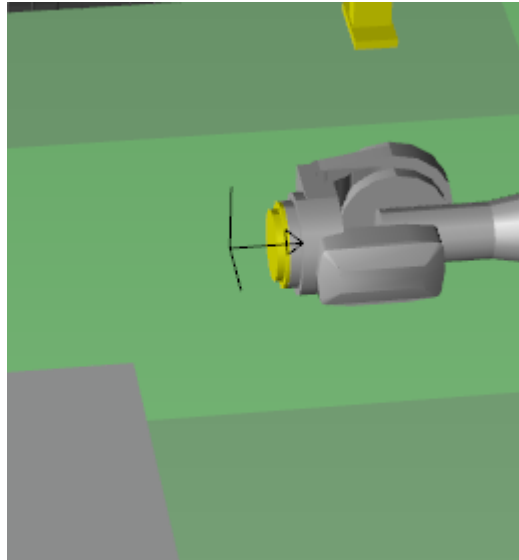
Offline- ja erityisesti mallipohjainen ohjelmointi soveltuu erityisesti töihin, jotka vaativat erityisen paljon paikoituspisteitä, ja töihin, joiden toistomäärä on pieni, esimerkiksi yksittäinen kappale. Tällöin ohjelmointiin ei kulu robotin työaikaa. Paikoituspisteiden luominen tietokoneella on nopeampaa, etenkin jos voidaan käyttää apuna työstettävän kappaleen muotoa, esimerkiksi hitsausohjelmissa (Salmi 2017, 11).

4.3 Koordinaatistot

Koordinaatisto määrittää tason tai tilan akseleilla kiinteästä pisteestä, joka on origo. Robotit ja kohteet sijoitetaan ja mitoitetaan järjestelmään koordinaatiston mukaan.

Kiinteä peruskoordinaatisto on sijoitettu robotin jalustaan siten, että origo on jalustan pohjan keskellä. Tätä koordinaatisto ei kuitenkaan yleisesti käytetä ohjelmointiin. Peruskoordinaatistossa Z-akseli on perinteisesti pystysuuntainen ja XY-taso on lattian suuntainen. XY-tason akseleista X-akseli osoittaa ensimmäisen nivelen työalueen keskelle. (ABB 2018.)

TCP eli "Tool center point" on robotin työkalupiste, jossa sijaitsee työkalukoordinaatisto. Se sijaitsee kuvan 1 osoittamalla tavalla robotin päässä, johon haluttu tarttuja kiinnitetään. Tämän pisteen mukaan on yleisesti helpoin ohjelmoida robottityö. Robotti liikuttaa TCP:n haluttuihin pisteisiin sen toteuttaessa ohjelmaa. Tämä tarkoittaa sitä, että vaihdettaessa työkalua ja täten työkalukoordinaatistoa, robotin liikkeet muuttuvat, jotta uusi TCP saavuttaa halutut pisteet (ABB 2018).



Kuva 1 Tool Center Point

Maailmakoordinaatiston nollapiste on halutussa kohdassa robottisolua tai asemaa, ja se on erillinen robotista. Se on yleisesti saman suuntainen kuin peruskoordinaatisto. Tämä on käytännöllistä, kun käytetään useampaa robottia tai kun robotit liikkuvat ulkoisilla aksleilla. (ABB 2018.)

Käyttäjakoordinaatistoa voidaan käyttää määrittämään esineitä tai välineitä, jotka pitävät työstettävää kappaletta paikallaan (ABB 2018). Käyttäjakoordinaatistojen avulla voidaan sijoittaa robottisolussa olevia kappaleita, kuten lavoja, joilta robotti hakee tavaraa (Kuva 2). Tällöin hakuprosessin pisteet voidaan luoda käyttäjakoordinaatistoon, ja vaikka lavan paikka solussa muuttuisi, pysyisivät hakuprosessin pisteet samoina lavan suhteen.



Kuva 2 Lavan kulmaan luotu käyttäjäkoordinaatisto

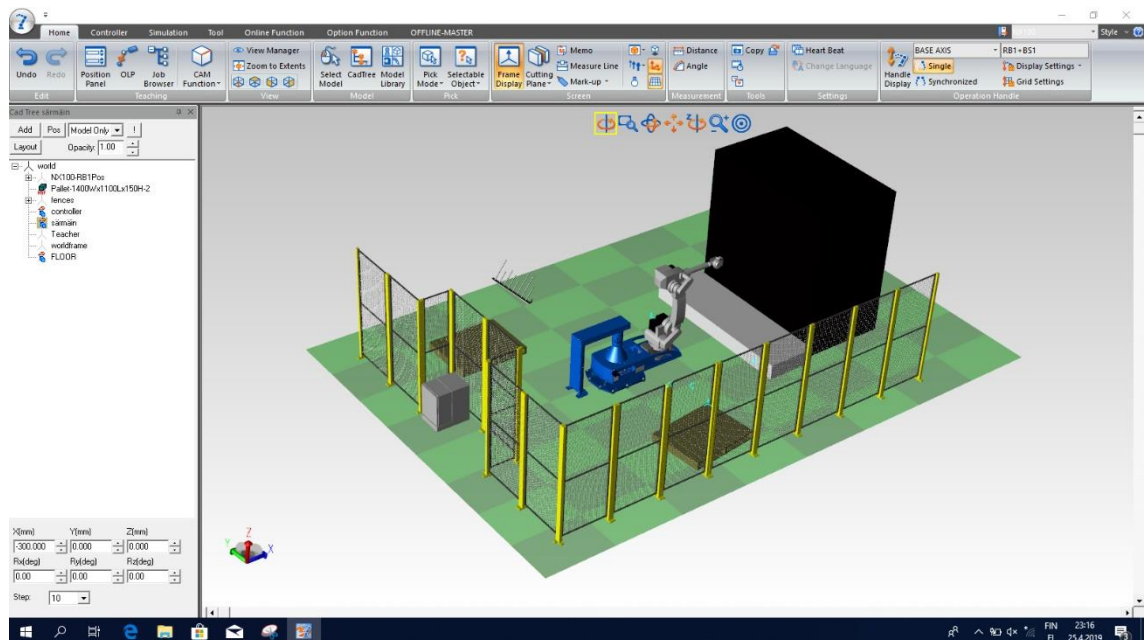
Kappalekoordinaatisto on työstettävään kappaleeseen liitetty koordinaatisto (ABB 2018). Sen voi sijoittaa joko maailmakoordinaatistoon tai johonkin muuhun käytön kannalta parhaaseen koordinaatistoon.

5 LOPUKSI

MotoSim EG-VRC-ohjelman käyttöönotto ja opetteleminen ilman alustavaa koulutusta oli erittäin hankalaa. Ohjelmaa piti käydä läpi usealta eri näkökannalta ja silti kaikki toiminnot eivät tulleet tutuiksi. Yaskawan järjestämään MotoSim EG-VRC:tä käsittelevään koulutukseen pääsyn jälkeen oli simulointimallin rakentaminen huomattavasti helpompaa ja ainakin osan ohjelman monista pienistä vinkeistä sai käyttöön.

Työn suorittamisessa haastavinta oli päättää, kuinka yksityiskohtainen ohjeesta tehdään. Lopputuloksesta tuli hyvä pohja, jota voidaan päivittää, kun nähdään, mikä on työskentelyn kannalta parasta.

Työn tuloksena saatiin käyttöohje MotoSim EG-VRC-ohjelmalle ja pieni harjoitustehtävä, joka on liitteessä 1 ja 2. Työn aikana saatiin mallinnettua kuvassa 3 esiintyvä robottisol.



Kuva 3 MotoSim EG-VRC-ohjelmalla mallinnettu robottisol

LÄHTEET

ABB 2018. What is a coordinate system? Viitattu 3.12.2018. <http://developercenter.robotstudio.com/BlobProxy/manuals/IRC5FlexPendantOpManual/doc210.html>

Blomeyer M. 2015. Simulation and offline programming of Motoman robot systems - Perfect planning without hocus-pocus, Viitattu 1.12.2018. http://www.yaskawa.eu.com/en/news-events/news/article/news/simulation-and-offline-programming-of-motoman-robot-systems-perfect-planning-without-hocus-pocus-1/?tx_news_pi1%5Bcontrol%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=19a332d2970b237ca3e240315316718a

Rainio H. 2014. Robottien etäohjelmoinnin kypsyystaso. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77610/Rainio_Hannu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salmi M. 2017. Simulointi ja offline-ohjelmointi RobotExpert-ohjelmistolla. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122294/Salmi_Mervi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Simulation 2018. Wikipedia. Viitattu 30.11.2018. <https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>

Tuunanen T. 2014. Teollisuusrobotin käyttöönotto ja ohjelmointi. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75698/Tuunanen_Tommi.pdf?sequence=1

Yaskawa 2017. MotoSim EG-VRC Powerful simulation software, Offline Programming, 3D Simulation, Virtual Robot Control. Esite. Viitattu 25.11.2018. https://www.yaskawa.fi/fileadmin/Products/Software/Flyer/Flyer_Software_MotoSimEG-VRC_E_08.2017.pdf

Yaskawa 2018. MotoSim EG-VRC. Viitattu 12.12.2018. https://www.motoman.com/get-media/338916ad-2dca-4199-94f4-87a80165ccff/motosim_eg_vrc.pdf.aspx

Yaskawa 2018. Offline-työkalut. Viitattu 28.11.2018. <https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/ohjelmisto/offline-tyoekalut/>

MotoSim EG VRC- käyttöohje

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISET ASETUKSET	3
1.1 Ohjeet ja asetukset	3
1.2 Toimintavalikko	4
1.3 CadTree	5
1.4 Modelit ja Framet	6
2 UUDEN SOLUN LUOMINEN	7
2.1 Kappaleen lisääminen, luominen	8
2.2 Importing a model	9
2.3 Scaling a model	9
2.4 Kappaleen paikoittaminen	9
2.5 Kappaleen piilottaminen	10
2.6 Model library	10
3 ROBOTIN LISÄÄMINEN	11
3.1 Uusi robotti	11
3.2 Robotin lataaminen (CMOS.BIN)	12
4 UUDEN TYÖN LUOMINEN	13
4.1 Simple PP -työn luominen	13
4.2 Radan luominen/muokkaaminen käsin	13
4.3 CAM -työn luominen	14
5 ROBOTIN ASETUKSET	15
5.1 Maintenance mode	15
5.2 TCP, työkalupiste	15
5.3 Käyttäjakoordinaatistot	15
5.4 Vaihtoehtoisen koordinaatiston luominen	15
5.5 Ulkoisen akselin kalibrointi	16
6 SIMULOINTI	17

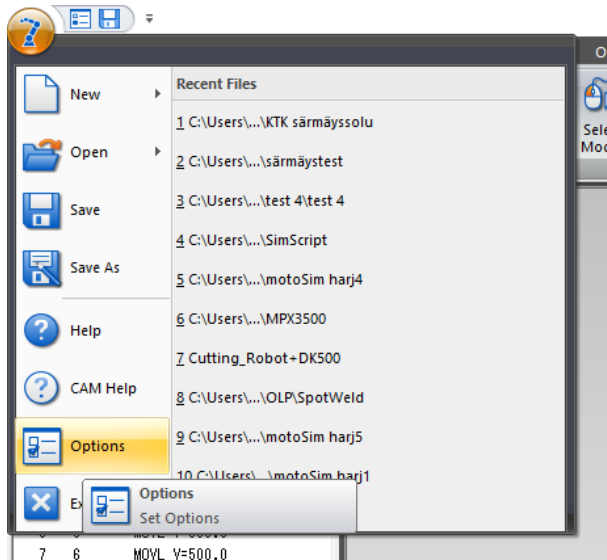
6.1 Simulaation aloittaminen ja nollaus	17
6.2 Simulaatio nopeus ja kierros aika	17
6.3 Rata ja työstetyn radan piirto	17
6.4 Vaihtoehtoiset simulointi toiminnot	17
7 ONLINE -TOIMINNOT	18
7.1 Tiedostojen hallinta	18
7.2 Internet	18
8 MUITA OMINAISUUKSIA	19
8.1 Työkalupisteen ulottuvuuden tarkastelu	19
8.2 3DPDF ja AVI export	19
8.3 Turvallisuus toiminnot	19
8.4 Reitin suunnittelu	20
8.5 Törmäystarkastus	20

1 YLEISET ASETUKSET

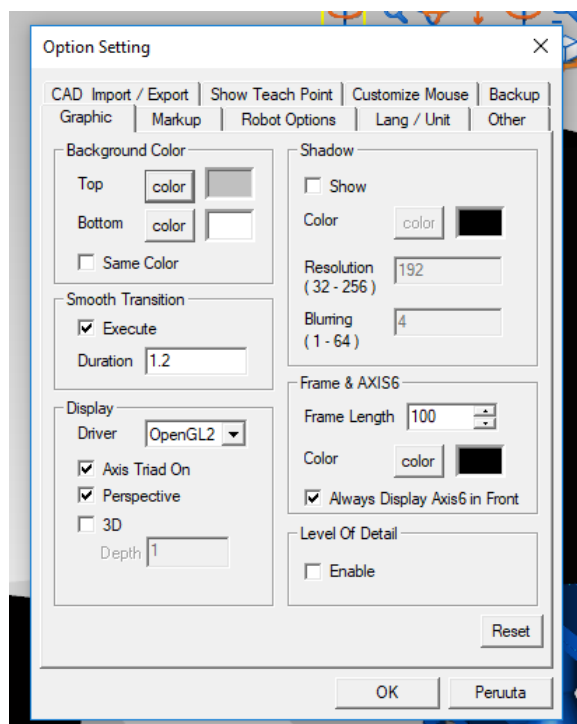
MotoSim EG VRC:tä voidaan käyttää simulointiin, diagnosointiin sekä offline-ohjelmointiin. Siihen kuuluu virtuaalinen ohjain, joka mahdollistaa robotin ohjaimen käytön. MotoSim-ohjelma tukee useamman robotin sekä ohjaimen simulaatioita.

1.1 Ohjeet ja asetukset

Ohjelman englanninkieliset käyttöohjeet löytyvät vasemman yläkulman valikosta kohdasta "Help". Sieltä löytyy eri tyyppisiä ohjeita eri tarkoituksiin.

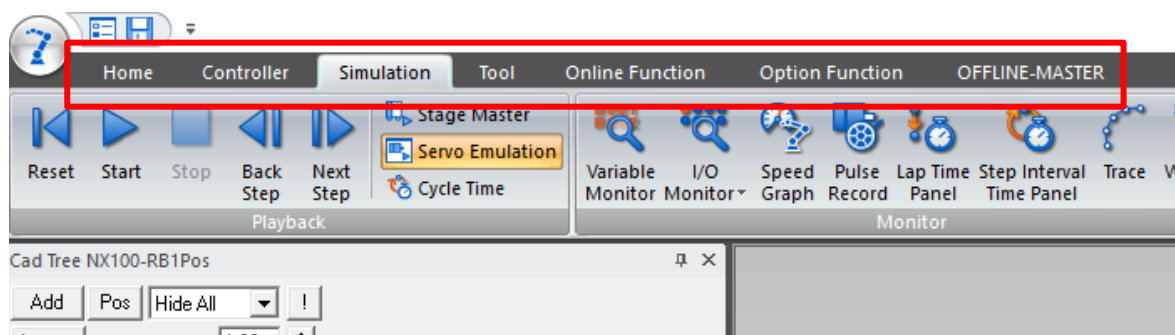


Ohjelman päävalikosta löytyy myös "Options"-valikko, josta pystytään muokkaamaan hiiren toimintoja, yleisilmettä, kieltä sekä värivalintoja. MotoSim toimii yleisesti parhaiten, kun OpenGL2 valitaan näytönohjaimeksi.



1.2 Toimintavalikko

Kaikki ohjelman toiminnot on jaoteltu ylälaidan toiminta linkkien alle.



Home: modeleita, mittoja sekä visuaalista esitystä koskevat toiminnot

Controller: robottiin, robotin asetuksiin sekä ohjaimeen liittyvät toiminnot

Simulation: simulaatiota koskevat toiminnot, kuten kierrosaika, työn reitti sekä ohjeet

Tool: työkaluun liittyviä asetuksia

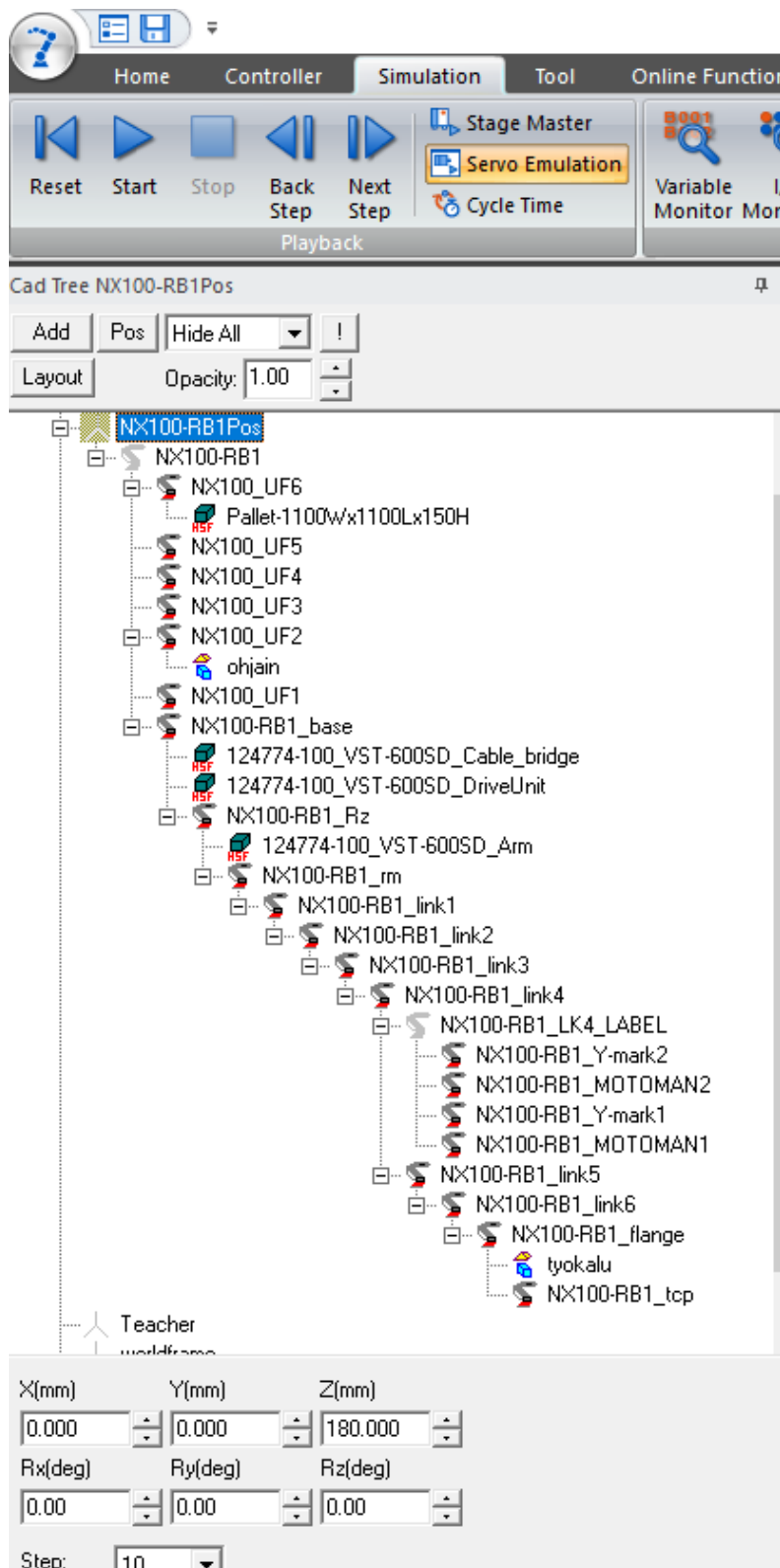
Online Functions: Online ja netti mahdollisuudet

Option Functions: lisätoimintoja robotin diagnostiikkaan

OFFLINE-MASTER valikko näkyy, mutta mitään toimintoja sen takaa ei ole käytettävissä.

1.3 CadTree

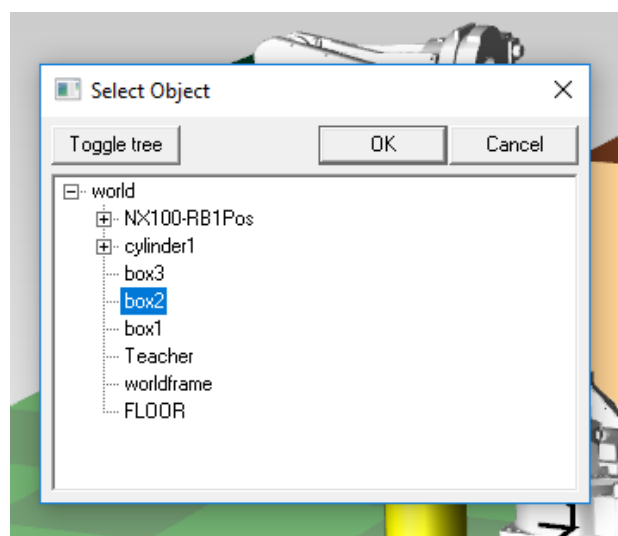
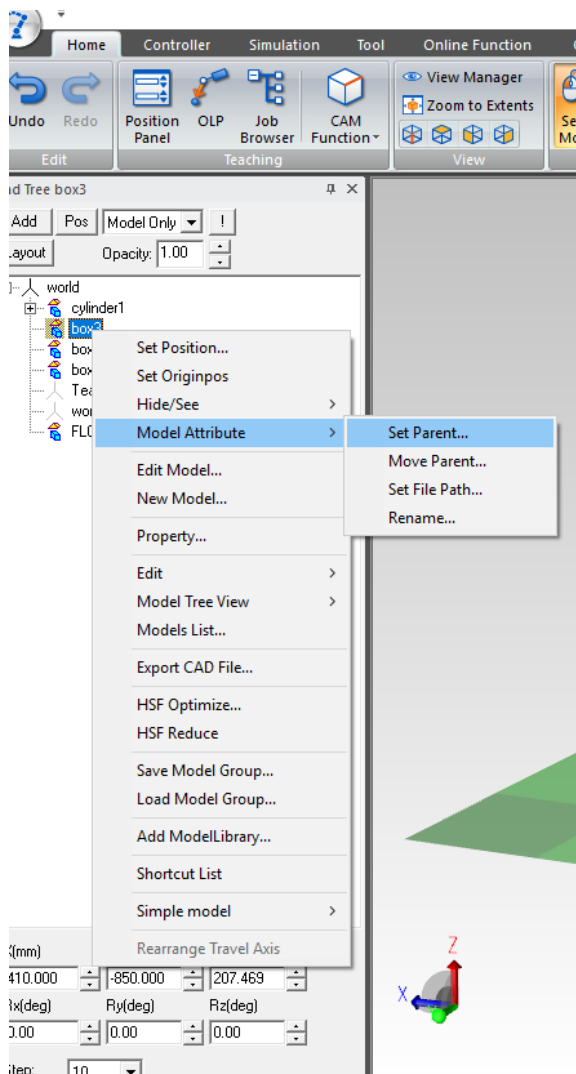
CadTree:ssä on kaikki robottisolusta löytyvät kappaleet, pisteet ja osat luetteloitu allekkain huomioiden niiden suhteet toisiinsa.



CadTree:ssä esitetään kaikki modelit ja kappaleet "Parent-Child" muodossa. Tällä tarkoitetaan sitä, miten luettelossa ylempänä oleva toimii alavalikosta löytyvien kappaleiden "parent"-modelina eli ne

ovat yhteydessä toisiinsa. Käytännössä kun 3D-simulaatiossa liikutetaan "parent"-modelia myös sen "child"-modelit liikkuvat mukana. Kuitenkaan liikutettaessa "child"-modelia sen "parent" ei liiku.

Parent modelin saa asetettua valitsemalla hiiren oikealla näppäimellä cadtree:sta halutun modelin jonka jälkeen valitaan "Model attribute" ja "Set parent". Kun kappaleesta tehdään toisen parent-model, vaihtuu myös näiden kappaleiden origoksi "parent" kappaleen origo.



1.4 Modelit ja Framet

CadTree:ssa on esillä eri tyyppisiä modeleita, joille löytyy erinäköiset kuvakkeet.

Dummy model on malli, jolla on vain paikkaan ja suuntaan liittyvää dataa, ei kansiota. Näitä modeleita voi käyttää parent-modelina muille malleille jotka ovat ryhmässä ja liittyvät toisiinsa.

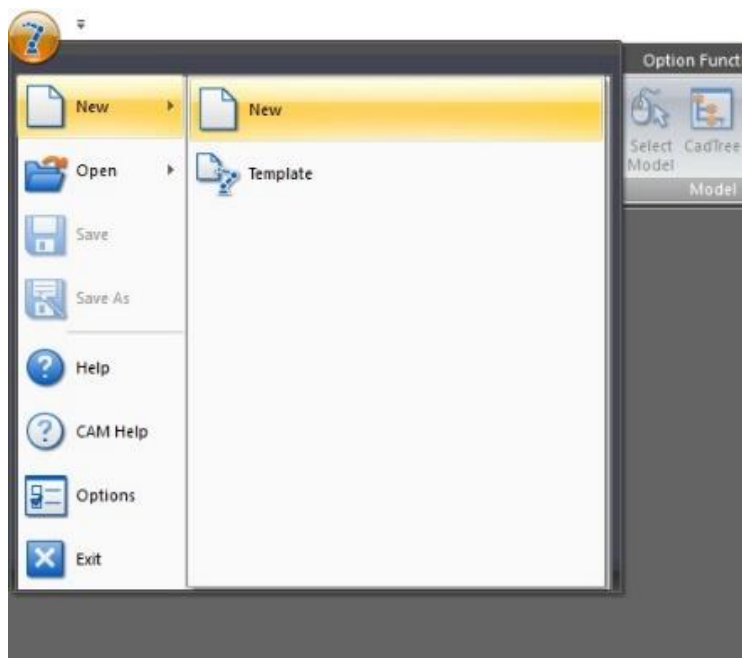
The worldframe on 3D-mallin origo

The Teacher on koordinaatti pisteen luontiin käytettävä työkalu. Tällöin piste näkyy 3D-mallissa, halutussa paikassa AXIS6 muodossa (koordinaattiakselistona).

The Floor on visuaalinen malli lattiasta 3D-mallissa. Sitä voidaan muokata avaamalla valikko oikealla hiiren näppäimellä ja muuttamalla x- ja y-suuntaisia pituuksia.

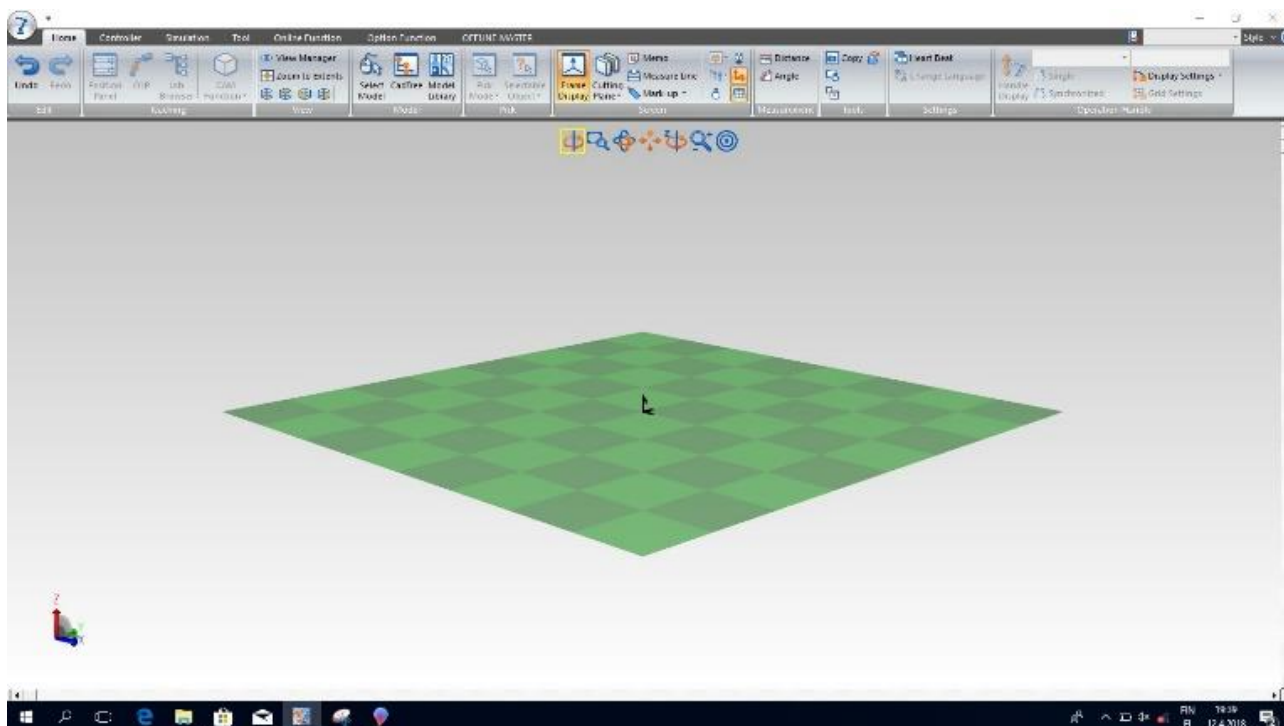
2 UUDEN SOLUN LUOMINEN

Uutta solua luodessa ohjelma avataan ja valitaan vasemmasta yläkulmasta robotinkuva ja valikosta "New", jonka jälkeen solulle annetaan nimi.



Uuden "Template":n valinta tarkoittaa valmiin mallisolun avaamista muokkausta varten.

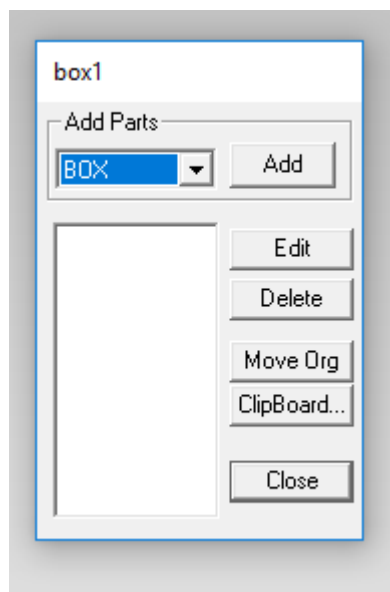
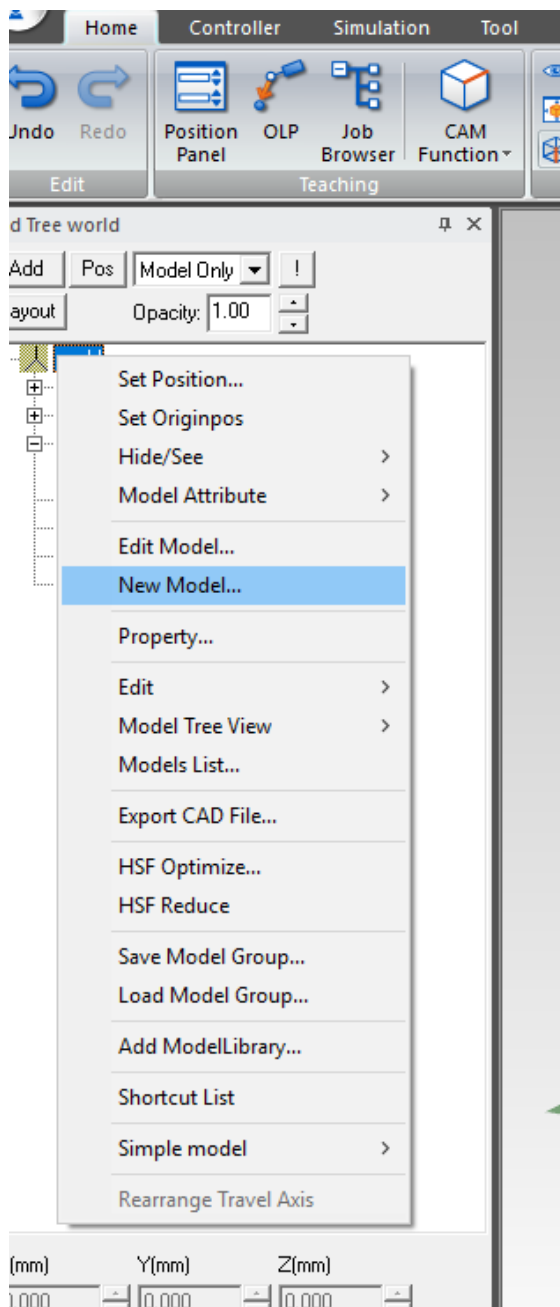
Valinnan jälkeen näyttöön aukeaa tyhjä solu, jossa on lattia sekä origo.



2.1 Kappaleen lisääminen, luominen

Uuden modelin eli kappaleen voi luoda MotoSim- ohjelmalla tai hakea valmiin kappaleen kansioista.

Avataan ylävalikosta CadTree ja valitaan hiiren oikealla luotavalle kappaleelle haluttu "parent model" (esim. "wold") ja avautuvasta valikosta "New model". Kun kappaleelle on annettu jokin nimi, ilmestyy valitun parent modelin alle tyhjä modeli. Tässä vaiheessa kappaleella ei ole mitään muotoa, joten valitaan juuri luotu tyhjä modeli samalla tavalla kuin edellinen ja valitaan "Edit Model". Aukeavasta valikosta määritetään muoto halutulle kappaleelle ja valitaan "Add". Nyt pystytään määrittämään kappaleen koko ja paikka.



Kappaleen voi tuoda hakemalla sen ohjelman ulkopuolella kansioista ja vetää sen MotoSim ohjelmaan, näin onnistuu myös useamman kappaleen tuominen samaan aikaan, kunhan muistaa valita/mustata kaikki haluamansa kappaleet.

Kappaleen voi tuoda myös CadTreen kautta valitsemalla kohdan "world" ensin vasemmalla ja sitten oikealla hiiren näppäimellä. Tämän jälkeen aukeavasta valikosta "new model" ja "file" kohdasta valitaan halutut kappaleet yksitellen.

2.2 Importing a model

Modeleita voi tuoda 3D-malliin yksinkertaisesti vetämällä ja pudottamalla mallitiedoston esimerkiksi ".step" tai ".sat" -muodossa. Tämän jälkeen kappaleen parent model tulee valita, ennen kuin kappale saadaan kokonaan tuotua.

Tiedostomuodot

MotoSimEG VRC tukee formaateja IGES, STEP, Inventor, ProE/Creo, Solidworks, Catia V5, SAT, Parasolid, HSF, HMF, STL, 3DS, RWX, DXF, WRML sekä PLY.

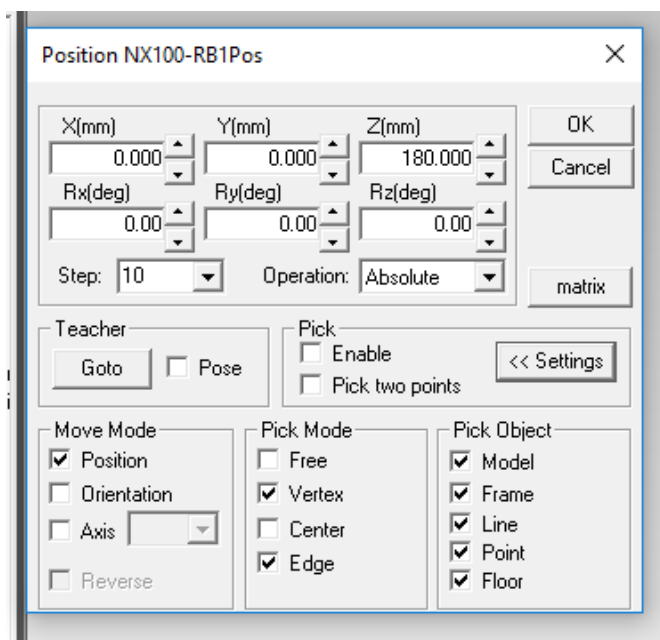
2.3 Scaling a model

Joskus tuotu modeli on väärässä skaalassa (yleensä syynä on muunto brittiläisestä mittayksiköstä metriseen järjestelmään). Modelin mittakaavaa pystytään muokkaamaan "Property" paneelista. Paneeliin pääsee valitsemalla hiiren oikealla tuotu modeli CadTree:stä ja valitsemalla kohta "Property...". Kappaleen läpinäkyvyyttä voidaan myös säätää tästä valikosta.

2.4 Kappaleen paikoittaminen

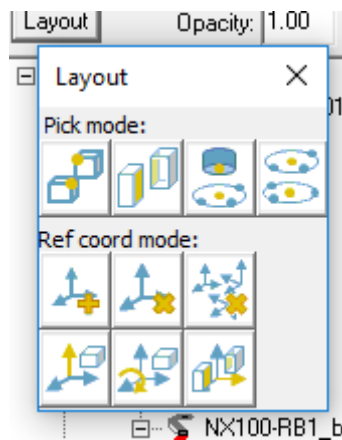
Modelille voidaan määrittää paikka 3D-mallissa, valitsemalla se CadTrees:tä oikealla hiiren näppäimellä ja valitsemalla "Set Position".

Avautuvan ikkunan yläosasta pystytään paikoittamaan kappale koordinaattiakseleiden mukaan.



Ikkunan alareunassa on vaihtoehto, jolla kappaleen paikoittaminen tapahtuu valitsemalla paikka jonkin muun 3D-mallissa olevan kappaleen avulla.

Kolmas vaihtoehto paikoittamiseen on "layout" toiminto, joka löytyy CadTree-paneelin yläreunasta. Layout toiminnolla kappale paikoitetaan käyttäen toista kappaletta referenssinä. Tähän on eri vaihtoehtoja, kuten voidaan yhdistää kaksi pistettä tai sivua keskenään. Pyöreitä pintoja voidaan yhdistää keskenään keskittäen.



2.5 Kappaleen piilottaminen

CadTree valikosta saadaan solun osia näkyviin tai piilotettua. Tällöin valitaan oikealla hiiren näppäimellä haluttu model ja valikosta "Hide/See". Avautuvassa valikossa check -merkki tarkoittaa kohteen olevan näkysissä, kun tällainen kohta valitaan, merkki katoaa ja valittu asia menee piiloon 3D-mallista.

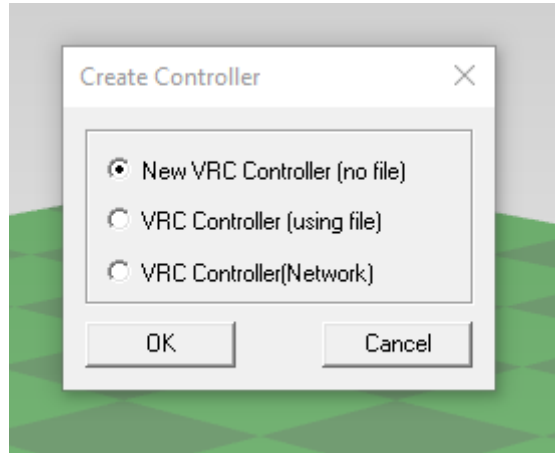
2.6 Model library

MotoSim ohjelmassa on myös itsenäinen "model library", johon pääsee yläpalkista omasta näppäimestään. Malli kirjasto sisältää robotti soluun tarvittavia kappaleita, kuten työkaluja, turva-aitoja ja kappaleiden käsittelyyn tarvittavia laitteita. Soluun lisääminen onnistuu valitsemalla halutun osan ja vetämällä se 3D-malliin. Model libraryyn voi lisätä myös omia osiaan, jolloin niihin on helppo päästä käsiksi.

<https://www.motoman.com/motosimlib/download>

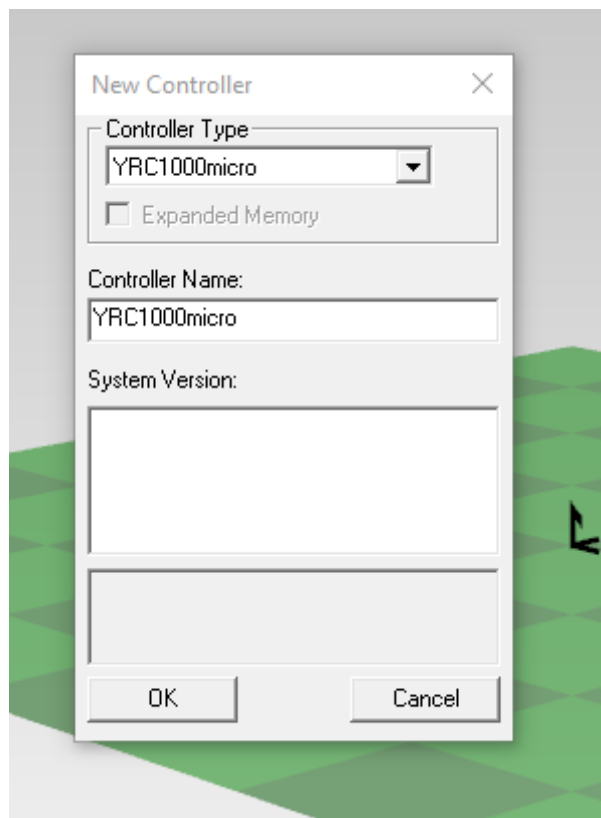
3 ROBOTIN LISÄÄMINEN

Pohjaan lisätään robotti ”Controller”-välilehdestä kohdasta ”New”. Tässä kohtaa valitaan, halutaanko täysin uusi robotti, valmis robotti tietoineen vai yhdistetäänkö robotti Ethernetin-kaapelin kautta tietokoneeseen.



3.1 Uusi robotti

Valittaessa täysin uusi robotti eli ”New VRC Controller (no file)”, aukeaa ikkuna jossa valitaan, mikä ohjaimen tyyppi halutaan. MotoSim tukee laajaa valikoima ohjaimia alkaen NX100 uusimpiin tulleisiin versioihin asti.



Seuraavasta aukeavasta ikkunasta päästään valitsemaan käytettävän robotin tyyppi. Valikosta pitäisi löytyä kaikki mahdolliset robotit kyseiselle ohjain tyyppille. Jos kuitenkin haluttua robottia ei löydy, kannattaa kokeilla päivittää ohjelmisto.

Robotin käyttötarkoitukset ja kielen voin myös vaihtaa kyseisestä ikkunasta.

Jos valitaan "Standard Setting Execute" robotti systeemi bootataan ja luodaan. Jos kuitenkin valitaan "Maintenance Mode Execute" on siitä lisätietoa kohdassa 5.1.

3.2 Robotin lataaminen (CMOS.BIN)

Valmis CMOS.BIN muodossa oleva robottitiedosto sisältää robotilla olevat asetuksen siten että simulaatiosta saadaan toden mukainen. Myös ohjain sekä robotin tyyppi ovat valmiiksi asetettuina.

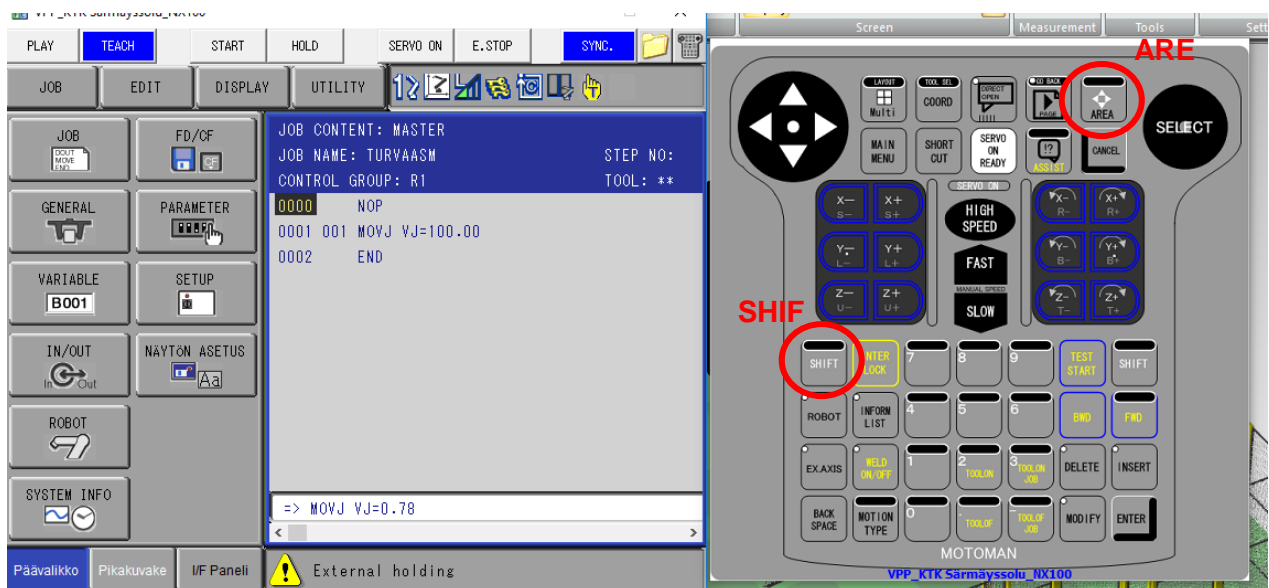
Jos valitaan valmiit tiedot, täytyy kyseisestä robotista ensin ottaa CMOS.BIN -varmuuskopio.

4 UUDEN TYÖN LUOMINEN

Valitaan "Controller"-välilehden alta "Job" ja "Create New Job". Työn nimeämiskohdassa painettaessa kaksi kertaa välilyöntiä on mahdollista kirjoittaa koneen omalla näppäimistöllä. Työtä nimetessä kannattaa huomioida se, että robotilla tehty ohjelma käyttää ainoastaan isoja kirjaimia. MotoSimillä tehty ohjelma kannattaa mahdollisuuksien mukaan kirjoittaa käyttäen pieniä kirjaimia, näin se on helpommin nähtävissä robotilta, että työ on tehty MotoSim-ohjelmaa käyttäen.

Valittaessa "OLP", voidaan osoittaa kohta missä robotti käy. Ohjelmoinnin voi tehdä virtuaalisella controllerilla, valitsemalla pisteen missä robotti käy tai siirtämällä robottia esim. akseli kerrallaan.

Jos Controllerin kieli on japaniksi sen saa vaihdettua painamalla ohjaimesta SHIFT + AREA näppäimiä. Controller voi mahdollisesti ilmoittaa hälytyksestä, jonka saa kuitattua Controller välilehdestä kohdasta "Reboot".



Työn pisteiden välisiä nopeuksia pystyy muokkaamaan ohjaimesta kuten robotillakin. Kaikkien saman tyyppisten pisteiden nopeudet pystytään muokkaamaan kerralla valitsemalla "EDIT" ja "Change speed".

4.1 Simple PP -työn luominen

Uuden työn voi luoda myös Simple PP:n kautta. Tällöin pisteet kirjataan kirjoittamalla kuten muutkin komennot.

4.2 Radan luominen/muokkaaminen käsin

Radan muokkaaminen onnistuu, kun otetaan käyttöön "Visual Path" ja "Handle Display" jolloin tehdyn työn pisteet ovat näkyvissä ja robotti liikuteltavissa. Valitaan TCP koordinaatistiksi, jonka mukaan liikutaan ja voidaan valita piste ja liikuttaa sitä hiiren vasenta näppäintä painamalla.

Painamalla samalla pohjaan näppäin,
 Alt, liikutetaan kyseistä pistettä
 Ctrl, lisätään valitun pisteen jälkeen uusi piste
 Ctrl + Alt, lisätään valitun pisteen eteen uusi piste.

4.3 CAM -työn luominen

Jos halutaan luoda työ käyttäen CAM-toimintoa, tulee työstettävää kappaletta luodessa tai kun se tuodaan ohjelmaan, valita se CAM ohjelmalle käyttökelpoiseksi valitsemalla "Import file for CAM teaching".

Työn luominen tapahtuu automaattisesti kappaleen pintojen tai reunojen perusteella. Käyttäjän on mahdollista määrittää halutut sovellusparametrit. CAM-toiminnolla on mahdollista tuottaa kokonainen robotti ohjelma. Työ on helposti mukautettavissa kappaleen paikan muuttuessa.

"Default settings" -valikosta määritetään esimerkiksi hitsin tyyppi, sen nopeus ja liiketyppi sekä kappaleen lähestyminen että poistuminen.

5 ROBOTIN ASETUKSET

5.1 Maintenance mode

Kun valmis robottijärjestelmä on ladattu MotoSim-ohjelmaan, voidaan Maintenance modea käyttää diagnosointiin, muokkaamiseen sekä apuna testattaessa erilaisia asetuksia ilman riskiä, että oikea robotti vahingoittuu.

Maintenance modeen pääsee robotilla painamalla "Main menu" painiketta pohjaan käynnistettäessä ja MotoSim ohjelmalla controllerin vasemmasta yläkulmasta kohdasta "Connect" ja edelleen valitsemalla "Contactor". Siellä voidaan muokata monia ominaisuuksia, eri valikoissa:

R1 =robotti
B1 =rata/track
R2 =robotti 2
B2 =rata 2

...

S1 =turn1/ kääntöpöydän suunta

Radan tyyppiä valitaan "Ball" eli pyöreä tai "Rack&pinion" eli suora rata. Pyörimistyyppiä valitaan "rotation"

"Application" -valikosta valitaan käyttöön joko "ARC" tai "ARC Europe". "Set Up" -valikosta pääsee valitsemaan käyttöön erilaisia toimintoja ja ominaisuuksia.

5.2 TCP, työkalupiste

Robotin TCP (Tool Center Point) on tärkeä osa robottisolun toimintojen toimivuuden kannalta. Sen paikan mukaan määräytyvät uudet pisteet jotka luodaan työhön. Kun robottijärjestelmä ladataan suoraan CMOS.BIN:nä TCP on automaattisesti oikeasta robotista. Työkalun mallia ei automaattisesti kuitenkaan lisätä, joten solua käytettäessä tulee hitsauspillin malli lisätä ja tarkistaa ettei TCP ole epähuomiossa siirtynyt.

TCP määritetään "Tool Editorista", joka löytyy controller -välilehden alta. Työkalua pystyy muokkaamaan käyttämällä "Pick Enable" ruutua tai täyttämällä halutut arvot käsin niille varattuihin ruutuihin. Jos yhteen järjestelmään halutaan useita TCP:tä se on mahdollista tekemällä muutoksia Maintenance mode:ssa.

5.3 Käyttäjakoordinaatistot

Käyttäjakoordinaatistot toimivat MotoSim-ohjelmassa samalla tavalla kuin oikeallakin robotilla. Käyttäjä voi määrittellä uusia koordinaatistoja valitsemalla kolme pistettä tai valmiin koordinaatiston. Käyttäjakoordinaatistot esitetään simuloidussa solussa kehikkona.

5.4 Vaihtoehtoisen koordinaatiston luominen

Uuden pohja tai ulkoisen akselin lisääminen tapahtuu "Maintenance mode":n kautta tai valmiin robotin CMOS.BIN:n kautta.

Jokaisen akselin toiminnallisuus ja malli käsitellään erikseen ja ne yhdistetään, toimivan akselin aikaan saamiseksi simulaatioon.

Ulkoisen akselin toiminnallisuus löytyy "CAD-tree":n kohdasta NX100-S01, jossa NX100 on robotin ohjaimen tyyppi, ja S01 ilmaisee kyseessä olevan akselin.

Otsikon alla pyörivän akselin paikka on merkitty EX1-POS, EX2-POS jne., joka on pyörimiskeskkipiste kääntöpöydälle. Se tulee siirtää oikealle paikalleen manuaalisesti.

Asemien mallit tulee siirtää oikeisiin paikkoihin ja asettaa "child model":ksi toiminnoille ex1, ex2... jne. Pohja akselit löytyvät "R01 Base" kohdan alta, jossa jokainen liikesuunta on merkitty X, Y tai Z:lla riippuen asetuksista.

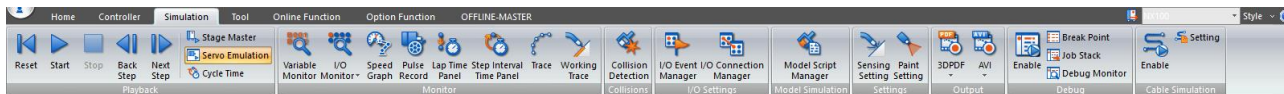
Jotta CAM-työ toimisi kunnolla, tulee rakenteen olla yllä kuvatun mukainen ja kappaleet tulee lisätä NX100-S01_ex1 kohdan alle jne.

Jos käytetään 3-akselista nosturijärjestelmää, toiminnallisuudet voi joutua uudelleen järjestelemään (XYZ -> YXZ). Tämä tehdään valitsemalla nosturin pääkappale ja "Rearrange travel axis"-toiminto.

5.5 Ulkoisen akselin kalibrointi

Määrittääkseen suhteellisen paikan robotin ja aseman välillä kalibrointi täytyy suorittaa lisäyksenä liikkuviin malleihin sekä toiminnallisuuksiin.

6 SIMULOINTI



6.1 Simulaation aloittaminen ja nollaus

Kun robotti ympäristöön on luotu työ, voidaan toteuttaa simulaatio "Simulation"-välilehdestä. Tämä voidaan käynnistää myös VRC:stä asettamalla se "Play"-tilaan ja painamalla "start", kuten oikealla-kin robotilla. Käytettäessä VRC:ta ne osat, joita robotti ei kontrolloi, kuten kuljettimet, eivät käynnisty.

6.2 Simulaatio nopeus ja kierros aika

Simulaation nopeutta pystyy muuttamaan "Heart beat"-toiminnolla. Toiminto löytyy "Home"-välilehdeltä ja tämä muuttaa simulaation päivitysväliä. Data lähetetään VRC:ltä MotoSimEG VRC -ohjelmaan jokaisessa osassa (10-20ms) ja näillä toiminnoilla animaatio ei päivyty niin usein, joten simulaatio on nopeampi.

Työskenneltäessä hitaiden töiden esim. hitsauksen parissa kannattaa valita korkeanopeuksinen vaihtoehto "More" valinnan alta. Näin simulaatio on nopeampi.

Kierros aika (Cycle time) esittää kuinka kauan käyttäjällä kestää suorittaa simuloitu työ. Tätä käytetään erityisesti optimoimaan robotti töitä.

6.3 Rata ja työstetyn radan piirto

Rata toimintoa voidaan hyödyntää ja käyttää TCP:n seurantaan simulaatiota toteutettaessa. Tämän toiminnon avulla on mahdollista monitoroida robotin paikan taso ja ero luotujen ja toteutettujen pisteiden välillä. Käytettäessä "Working Trace" ja "Visual Path Edit"-toimintoja samanaikaisesti ero on helpommin havaittavissa.

Kovalla nopeudella liikuttaessa robotti oikoo kulmia, tämä voidaan kuitenkin välttää käyttämällä PL-parametriä joko robotin oikeasta ohjaimesta tai MotoSim-ohjelmasta. Kuitenkin kulmien oikominen mahdollistaa korkeamman kierrosajan eikä täydellistä tarkkuutta aina tarvita.

Radan piirtoa käytetään, kun toteutetaan tietynlaista ohjeistusta. Tätä käytetään esimerkiksi hitsauksia tai maalausta simuloitaessa.

6.4 Vaihtoehtoiset simulointi toiminnot

Simulaatio-välilehdessä on muitakin hyödyllisiä toimintoja:

Speed Graph: Tätä voidaan käyttää TCP:n liikkeiden nopeuden monitorointiin simulaation aikana

Variable Monitor: Käytetään arvojen muutosten tarkkailuun toiston aikana

I/O-Monitor: Käytetään I/O-yhteyksien monitorointiin ja simulointiin

Sensing setting: Voidaan käyttää määrittämään kuinka tunnistus on eri sovelluksilla tehty.

7 ONLINE -TOIMINNOT

MotoSimEG VRC:n online toiminnot saadaan käyttöön liittämällä oikea robotinohjain Ethernetiin. Tämä mahdollistaa käyttäjälle monitoroinnin, tiedon lähettämisen sekä vastaanottamisen ja muutosten tekemisen oikeaa ohjainta käyttämällä.

Suurin osa MotoSimEG VRC:n online -toiminnoista tarvitsee robotin puolelta korkeanopeuksisen Ethernetin, joka on saatavilla DX100 ja uudemmissa malleissa.

7.1 Tiedostojen hallinta

Tiedostojen siirtäminen PC:n ja robotin controllerin välillä tapahtuu käyttämällä "File Manager" -toimintoa. Robotin tulee olla asetettuna REMOTE-tilaan, jotta tiedostojen vaihtaminen koneiden välillä onnistuu. Tiedostojen siirtämisessä voidaan käyttää kahta eri tapaa ja tiedostojen sijaintia PC:n puolella pystyy muuttamaan.

7.2 Internet

Robotin toimintoja pystyy tarkkailemaan käyttämällä "Network" -toimintoa. Näin saadaan robotin reaaliaikainen paikka näkymään 3D-mallilla sekä "position panel"-toiminnossa. Nämä toiminnot edellyttävät tietokoneen sekä robotin controllerin olemisen samassa netissä. Robotin IP-osoite syötetään "Connection settings" välilehteen, joka löytyy "Network" valikosta.

Meneillään oleva kohta työstä nähdään "SimplePP" -näkyvässä ja mahdolliset hälytykset sekä virheetilät näkyvät nettiin yhdistetyllä monitorilla.

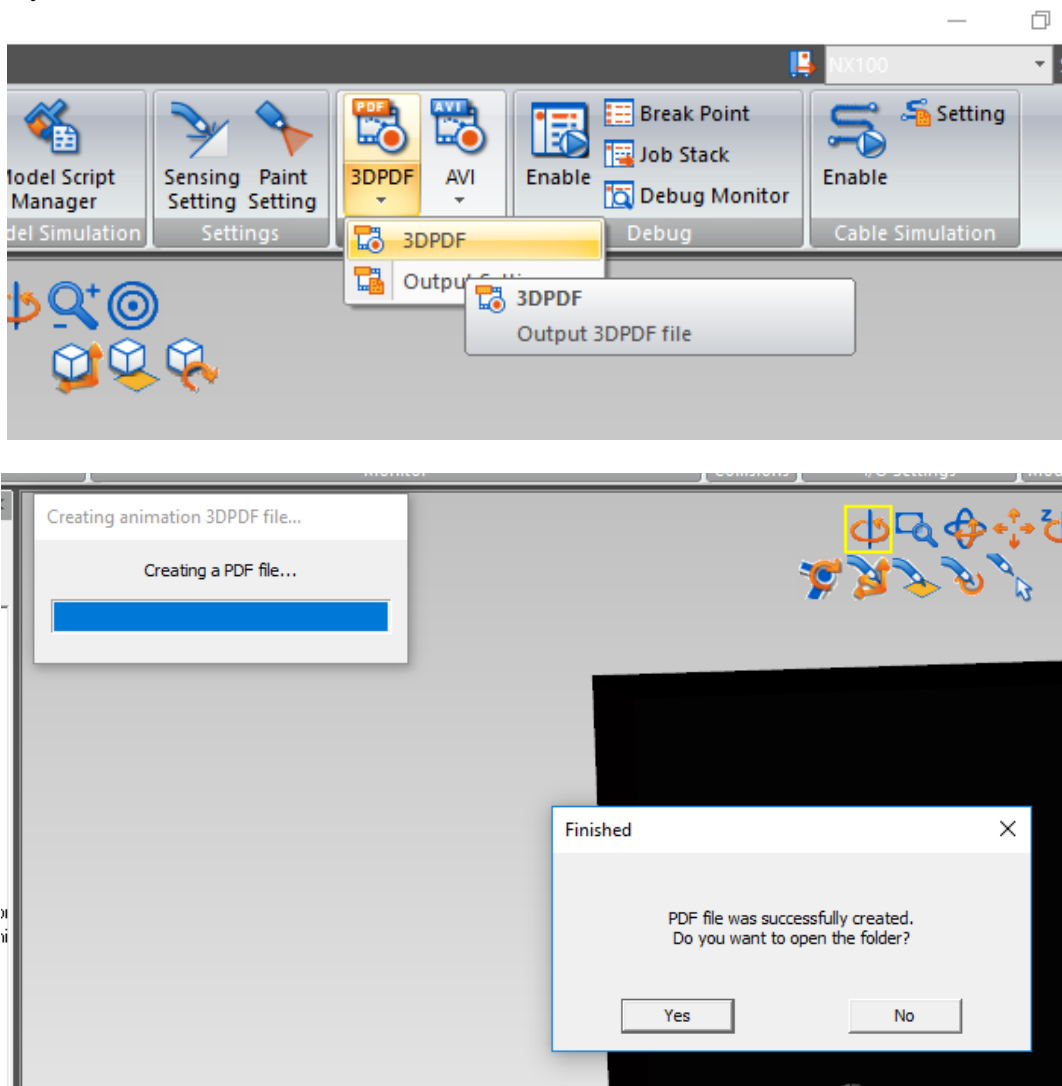
8 MUITA OMINAISUUKSIA

8.1 Työkalupisteen ulottuvuuden tarkastelu

"TCP reach"-toiminnon avulla pystytään tarkastelemaan mihin asti robotin työkalupiste yltää. Tarkastelun voi suorittaa 2D:nä tai 3D:nä. Toiminto maalaa simulaation alueen jolle robotti ulottuu, riippuen onko valittu 2D vai 3D, alue on tasainen poikkileikkaus tai kolmiulotteinen pallo muistuttava muoto.

8.2 3DPDF ja AVI export

MotoSimEG VRC –ohjelmalla tuotetun simulaation voi "tulostaa" 3DPDF: ksi, jolloin simulaatio pyörii liikkuvana ja tiedoston saa auki kuten normaalin PDF:n.



8.3 Turvallisuus toiminnot

Kuutiot ja muut liikettä monitoroivat toiminnot ovat käytettävissä MotoSimEG VRC:ssa. Monitoroitujen alueiden visualisointi on mahdollista simulaatiossa.

DX200 mallissa FSU (Functional Safety Unit, toiminnallinen turvallisuus yksikkö) on myös osittain sisällytetty MotoSimiin. Kaikkia sen valikoita on mahdollista tarkkailla sekä muuttaa simulaatio ohjelmistossa. Kuitenkaan tämä toiminto ei ole valittuna oletusarvoksi, kun ladataan uutta CMOS.BIN-tiedostoa simulointi ohjelmaan, vaan se tulee valita käyttöön niin haluttaessa.

Toiminnallisen turvallisuuden toiminnot löytyvät "Maintenance menu":n valikosta. Jos halutaan pitää CMOS.BIN-tiedoston sisältämät turvallisuustiedot, dataa ei tulisi alustaa ladattaessa.

8.4 Reitin suunnittelu

"Path planning" on työkalu, jonka avulla voidaan suunnitella pisteiden välille reitti tai tarkistaa valmiista reitistä, ettei se kulje kappaleiden läpi. Tällä työkalulla tehtyä reittiä pystyy halutessaan muuttamaan ja siihen voi jälkikäteen lisätä pisteitä, kuten muihinkin töihin.

8.5 Törmäystarkastus

Ylävalikosta löytyvän "Collision detection" toiminnolla voidaan tarkistaa simulaatiosta, onko radalla kohtia, joissa robotti törmää johonkin.

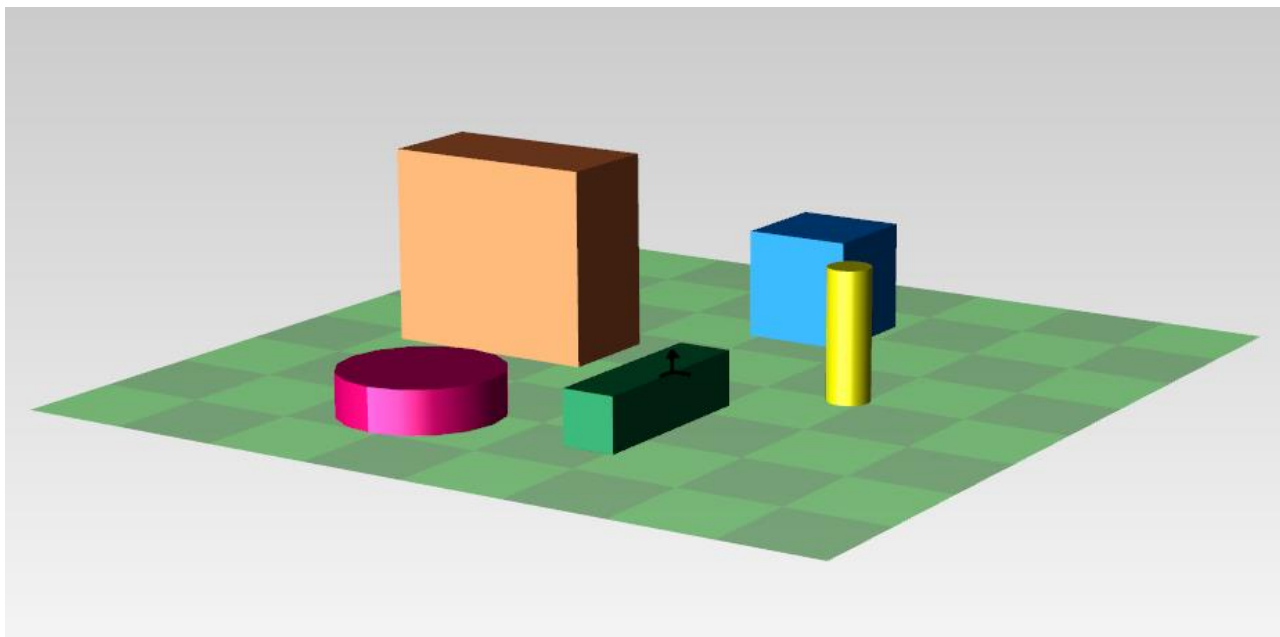
Ensin valitaan "ModelGroup" ja "Add", jonka jälkeen määritetään ryhmäksi kappaleet joihin robotti ei saa törmätä. Kappaleet valitaan CadTreestä yksitellen ja ryhmä nimetään. Samalla tavalla määritetään ryhmäksi robotin osat. Kun ryhmät on luotu, niistä luodaan pari, valitsemalla "Pair"-kohdan alta "Add". Pari nimetään halutulla tavalla ja "Attribute" palkin alta valitaan ryhmälle asema tarkastelussa. Tällöin robotin osat valitaan "Master" ryhmäksi ja esim. työstettävä kappale "Slave" ryhmäksi.

Ennen tarkastuksen aloittamista valitaan tietty pari ja valitaan "Collision Check" päälle. Valitsemalla "Check All" ohjelma ajaa törmäystarkastuksen, jos näin ei tapahdu aseta simulaatio "Play"-tilaan. Ohjelma ilmoittaa, jos ryhmät törmäävät toisiinsa, tällöin rataa täytyy muuttaa.

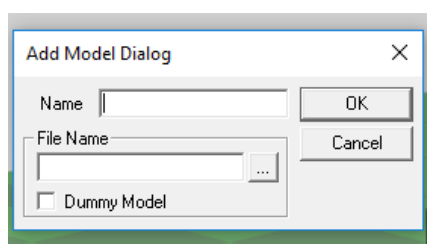
Harjoituksia MotoSim EG-VRC

HARJOITUS 1

Avaa tyhjä solu ja luo siihen ainakin kolme eri kokoista ja väristä kuutiota, sekä kaksi lieriötä. Voit tehdä muitakin muotoja.

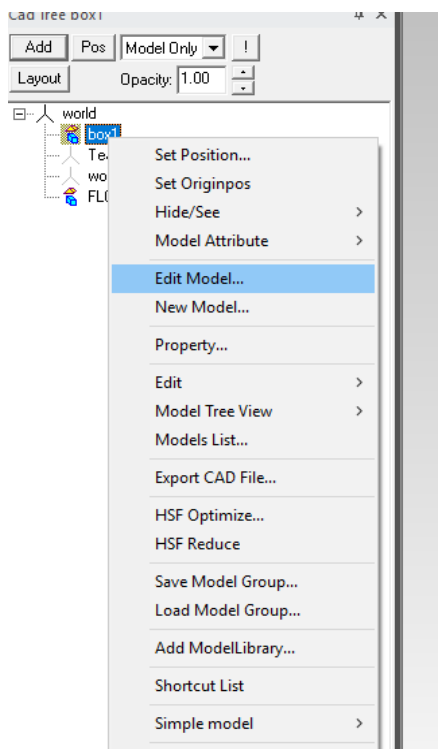


Avaa ylävalikosta uusi tyhjä työ ja nimeä se. Avaa CadTree yläpalkista, valitse maailmakoordinaattisto (world) ja valitse "Add" (Voit myös valita maailmakoordinaatiston hiiren oikealla ja valikosta "New Model.."). Nimeä kappale (esim. box1...) ja valitse "OK" (Kuva 1).

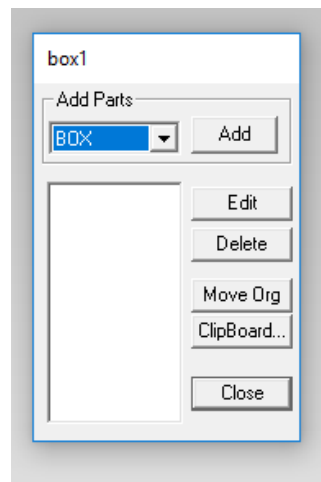


Kuva 4

Valitse kohde CadTreestä hiiren oikealla ja valikosta "Edit Model" (Kuva 2). Nyt voidaan valita alavetovalikosta malli halutulle kappaleelle ja valitaan se "Add" -painikkeella (Kuva 3).



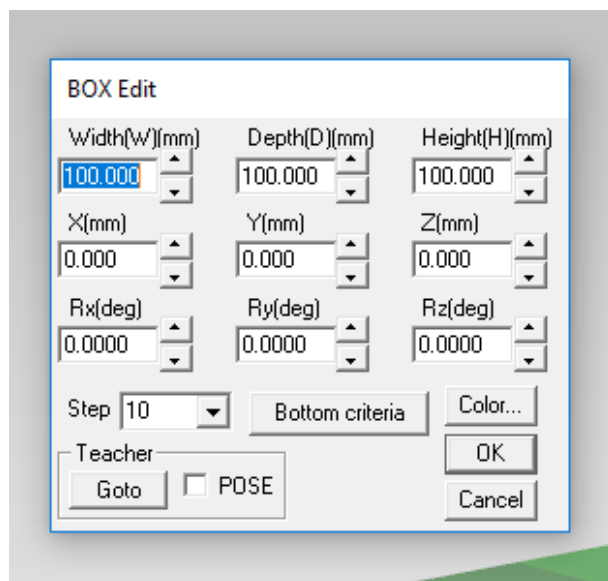
Kuva 2



Kuva 3

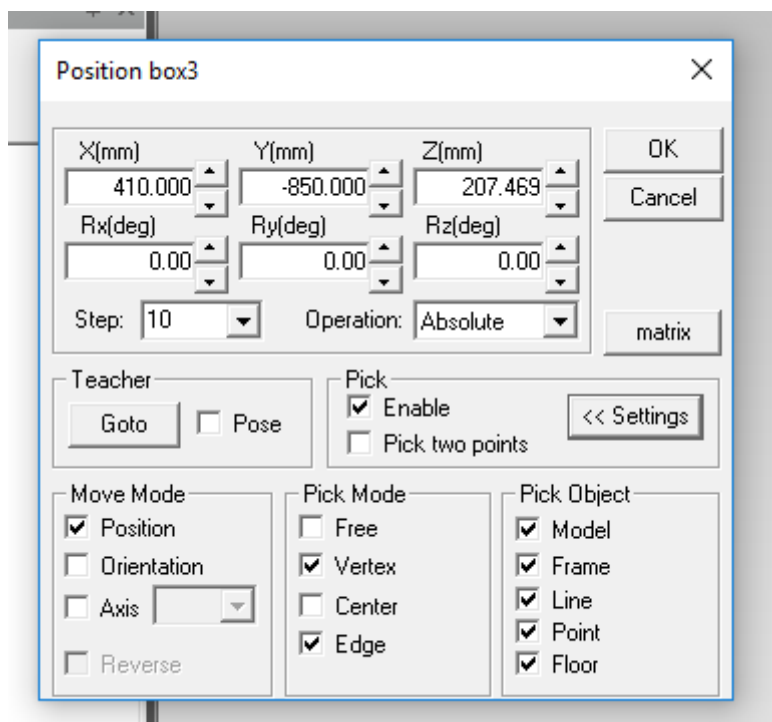
Avautuvasta ikkunasta (Kuva 4) määritetään kappaleen koko ja sijainti. Valitsemalla "Bottom criteria", siirtyy kappaleen pohja solun lattian tasalle. Tästä saadaan myös muutettua kappaleen väriä.

Kappaleet tulee kaikki luoda erillisiksi, eli luoda ne maailmakoordinaatistoon. Jos samaan modeliin eli kuvan 3 valikkoon lisää useita palikoita, ne liikkuvat yhdessä.



Kuva 4

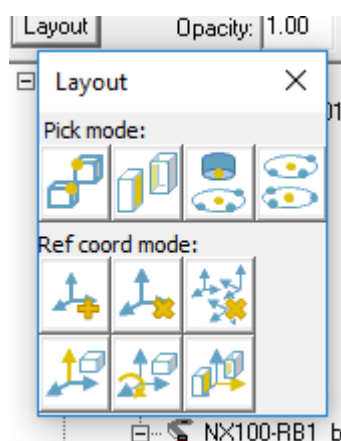
Siirtele kappaleita käyttäen ”Set Position”-komennon alta sekä koordinaattien mukaan liikuttamista että muiden kappaleiden tai valittuun pisteeseen siirtämistä. (Kuva 5).



Kuva 5

Liitä yksi kuutioista toisen kylkeen käyttämällä Layout -valintoja (Kuva 6). Voit liittää kuutiot myös kulumistaan kiinni.

Sijoita kaksi lieriötä päällekkäin siten että niiden keskipisteet ovat kohdakkain. Käytä Layout -työkalua apuna. Voit valita kahdesta tavasta. Ensimmäisessä valitaan liikutettavasta kappaleesta se pinta, joka halutaan liittää toiseen kappaleeseen, tämän jälkeen toisesta kappaleesta valitaan kolme kehäpistettä, joista määrittyy keskipiste.



Kuva 6

Toisessa vaihtoehdossa, molemmista liitettävistä pinnoista valitaan kolme kehäpistettä.

Harjoittele "Parent-Child" -toiminnon käyttöä.

Liitä lieriöistä alempi päälle asetellun lieriön parent modeliksi, valitsemalla CadTreestä oikealla hiiren näppäimellä ylempi lieriö ja valikosta "Set Parent model". Avautuvasta CadTree-valikosta valitaan alempi lieriö. Nyt liikuttaessa alemmaa kappaletta myös ylempi liikkuu. Kappaleella voi olla useita "child"-modeleita, jotka kaikki liikkuvat, kun niiden "Parent"-modelia siirretään.