

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

KULJETTIMEN VIRTUAALINEN KÄYTTÖÖNOTTO

TEKIJÄ Joonas Kiiski

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Joona Kiiski	
Työn nimi Kuljettimen virtuaalinen käyttöönotto	
Päiväys 1.6.2025	Sivumäärä/Liitteet 27/0
Yhteistyötaho Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa virtuaalinen käyttöönotto kuljettimelle. Työn tilaaja oli Savonia-ammattikorkeakoulu.</p> <p>Työn toteuttaminen koostui neljästä eri vaiheesta: Kuljettimen digitaalisen kaksosen mallintamisesta, ohjelmoinnista, simulointimallin luomisesta ja simuloinnista. Työssä käytettiin Siemensin NX MCD, TIA Portal, SIMATIC SP ja PLCSIM Advanced -ohjelmia.</p> <p>Virtuaalinen käyttöönotto saatiin toteutettua kuljettimelle onnistuneesti. Työn tuloksena syntyi kuljettimen toimiva digitaalinen kaksoinen, simulointimalli ja ohjelmakokonaisuus. Tilaajalle luotiin myös ohjeet digitaalisen kaksosen mallintamiseen, simulointimallin luomiseen ja simuloinnin toteuttamiseen. Tilaaja voi hyödyntää työn tuloksia opetuksessa ja projekteissa.</p>	
Avainsanat Virtuaalinen käyttöönotto, digitaalinen kaksoinen, simulointi	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	TEORIA.....	6
2.1	Digitaalinen kaksosen	6
2.2	Virtuaalinen käyttöönotto.....	7
3	KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT	8
3.1	TIA Portal	8
3.2	PLCSIM Advanced.....	9
3.3	SIMIT SP.....	10
3.4	NX MCD	11
4	TOTEUTUS.....	12
4.1	Digitaalisen kaksosen mallintaminen	12
4.2	Ohjelmointi	17
4.3	Simulointimallin luominen.....	21
4.4	Simulointi.....	23
5	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET	27

KUVALUETTELO

Kuva 1. TIA Portal projektinäkömä	8
Kuva 2. PLCSIM Advanced perusnäkömä	9
Kuva 3. SIMIT SP projektinäkömä	10
Kuva 4. NX MCD projektinäkömä	11
Kuva 5. Kuljettimen Rigid Bodyt	12
Kuva 6. Collision Body -toiminnon määrittäminen sylinterille	13
Kuva 7. Sliding Joint -toiminnon määrittäminen sylinterille	13
Kuva 8. Induktiivisen anturin tekeminen Collision Sensor -toiminnolla	14
Kuva 9. Object Source -toiminnon määrittäminen	15
Kuva 10. Kuljettimen Signal Adapter	16
Kuva 11. Projektin komponentit	17
Kuva 12. Commisioning Wizard -työkalu TIA Portalissa	18
Kuva 13. Taajuusmuuttajan toimilohko	19
Kuva 14. Sylinterin ohjelma	20
Kuva 15. HMI-paneeli	20
Kuva 16. Liityntätyyppin valinta	21
Kuva 17. Taajuusmuuttajan simulointimalli	22
Kuva 18. Signaalien yhdistäminen	22
Kuva 19. PLCSIM Advanced ja virtuaalinen PLC	23
Kuva 20. Kuljettimen toiminnan simulointi	24
Kuva 21. Häiriöbitin asettaminen päälle	25

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kuljettimen virtuaalinen käyttöönotto ja työn tilaaja on Savonia-ammattikorkeakoulu. Työn aihe on lähtöisin Savonian mielenkiinnosta hyödyntää virtuaalista käyttöönottoa sekä NX MCD ja SIMIT SP -ohjelmia koulutuksessa ja projekteissa.

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa virtuaalinen käyttöönotto kuljettimelle. Työssä mallinnetaan kuljettimesta digitaalinen kaksoinen tuomalla kuljettimen 3D-malli NX MCD -ohjelmaan, jossa siihen mallinnetaan fyysiset ominaisuudet, liikkeet ja anturit. Kuljettimen digitaalista kaksosta ohjataan virtuaalisella PLC:llä, joka ohjelmoidaan TIA Portal -ohjelmalla. Ohjelmalla ohjelmoidaan myös HMI-paneeli kuljettimen ohjaamista varten ja konfiguroidaan kuljettimen taajuusmuuttaja. Simulointia varten luodaan SIMIT SP -ohjelmalla kuljettimelle simulointimalli, joka mahdollistaa digitaalisen kaksoisen ja virtuaalisen PLC:n yhdistämisen sekä taajuusmuuttajan simuloimisen. Lopuksi simuloidaan kuljettimen toimintaa virtuaalisessa ympäristössä ja varmennetaan ohjelmakokonaisuuden toimivuus.

2 TEORIA

2.1 Digitaalinen kaksonen

Digitaalinen kaksonen on fyysisestä laitteesta tai järjestelmästä luotu virtuaalinen malli, joka kuvaa sen fyysisen vastineen ominaisuuksia ja käyttäytymistä yksityiskohtaisesti virtuaalisessa ympäristössä. Digitaalinen kaksonen voidaan luoda yksittäisestä laitteesta, tuotantojärjestelmästä, rakennuksesta, sähköverkosta tai jopa kokonaisesta kaupungista. Sen avulla voidaan simuloida ja ymmärtää fyysistä maailmaa tarkasti ja kattavasti. Sitä hyödynnetään monin eri tavoin käyttämällä erilaisia digitaalisia kaksosia, jotka keskittyvät fyysisen kohteen eri asioihin. Digitaalinen kaksonen voidaan luoda kuvaamaan esimerkiksi fyysisen kohteen geometriaa, käyttäytymistä, päätöksentekoa tai fyysisiä ominaisuuksia eri tilanteissa. (Huan, Ji & Xu 2024.)

Digitaalinen kaksonen mahdollistaa teollisuuden tuotantoprosessien valvonnan, analysoinnin ja simuloinnin. Sen avulla saadaan reaaliaikaista tietoa fyysisen järjestelmän toiminnasta, minkä ansiosta käyttäjät voivat optimoida prosessien toimintaa ja parantaa niiden tehokkuutta. Keräämällä tietoa fyysisistä prosesseista anturien ja IoT-laitteiden avulla digitaaliseen kaksoseen, voidaan kehittää esimerkiksi prosessien ennakoivaa kunnossapitoa. Tämä mahdollistaa vikojen ennakoivan tunnistamisen, mikä vähentää yllättäviä vikatilanteita ja parantaa tehokkuutta. (Jiang ym. 2024.)

Digitaalista kaksosta voidaan hyödyntää myös uusien tuotteiden suunnittelussa. Suunnittelijat voivat luoda suunnitteluvaiheessa tuotteesta virtuaalisia prototyyppijä testaamista varten ennen fyysisen prototyypin rakentamista. Näin voidaan vähentää prototyyppien määrää, säästää aikaa ja pienentää kustannuksia. Lisäksi olemassa olevien tuotteiden laatua ja käytettävyyttä voidaan parantaa tuotteen digitaalisen kaksosen keräämää tietoa hyödyntämällä. (Attaran & Celik 2023.)

2.2 Virtuaalinen käyttöönotto

Virtuaalinen käyttöönotto tarkoittaa koneen simuloimista virtuaalisessa ympäristössä. Sen avulla konetta voidaan testata ennen sen rakentamista ja varsinaista käyttöönottoa. Virtuaalisen käyttöönoton toteuttamiseksi koneen 3D-malliin on mallinnettava koneen toimilaitteiden ja anturien toiminta sekä fyysiset ominaisuudet, kuten painovoima ja kitka, jotta koneen toimintaa voidaan simuloida mahdollisimman todenmukaisesti. (Tsolev 2024.)

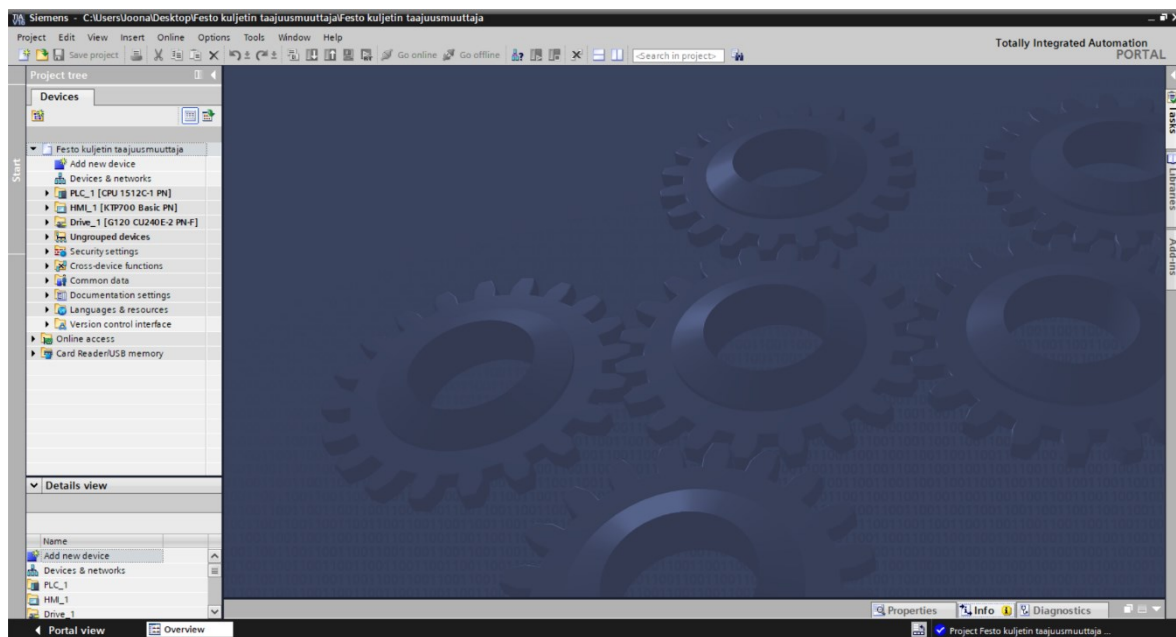
Virtuaalinen käyttöönotto juontaa juurensa 1990-luvulle, jolloin tietotekniikan kehitys mahdollisti tuotantojärjestelmien simuloimisen. Ensimmäisenä sitä käytettiin autoteollisuudessa, jossa tuotantolinjoja ja robotteja simuloitiin tietokoneohjelmilla. 2000-luvulla virtuaalista käyttöönottoa alettiin käyttää laajemmin myös muilla teollisuuden aloilla, kuten energiateollisuudessa. Uudempien teknologioiden, kuten esineiden internetin ja tekoälyn kehittyminen ovat tehneet virtuaalisesta käyttöönotosta entistä tarkempaa ja tehokkaampaa. (Aiut n.d.)

Virtuaalisen käyttöönoton avulla voidaan vähentää varsinaisen käyttöönoton ja koko automaatioprojektin kestoa sekä parantaa ohjelmistojen laatua. Sen avulla ohjelmointivirheet voidaan havaita aikaisemmassa vaiheessa ennen varsinaista käyttöönottoa ja vähentää niiden korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia merkittävästi. Se mahdollistaa myös turvallisuuteen liittyvien asioiden ja virhetilanteiden simuloimisen, kuten koneen käyttäytymisen tutkimisen tilanteessa, jossa yksi koneen antureista vikaantuu. Virtuaalista käyttöönottoa varten tehty koneen simulointimalli voi toimia myös visualisointi- ja kehitystyökaluna suunnittelijoille, mikä nopeuttaa koneen kehitysprosessia. Vaikka virtuaalisella käyttöönotolla on monia etuja, on sen toteuttaminen monimutkaista ja kallista. Näiden asioiden takia virtuaalisen käyttöönoton taloudellista kannattavuutta on arvioitava ennen sen toteuttamista. (Striffler & Voight 2023.)

3 KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT

3.1 TIA Portal

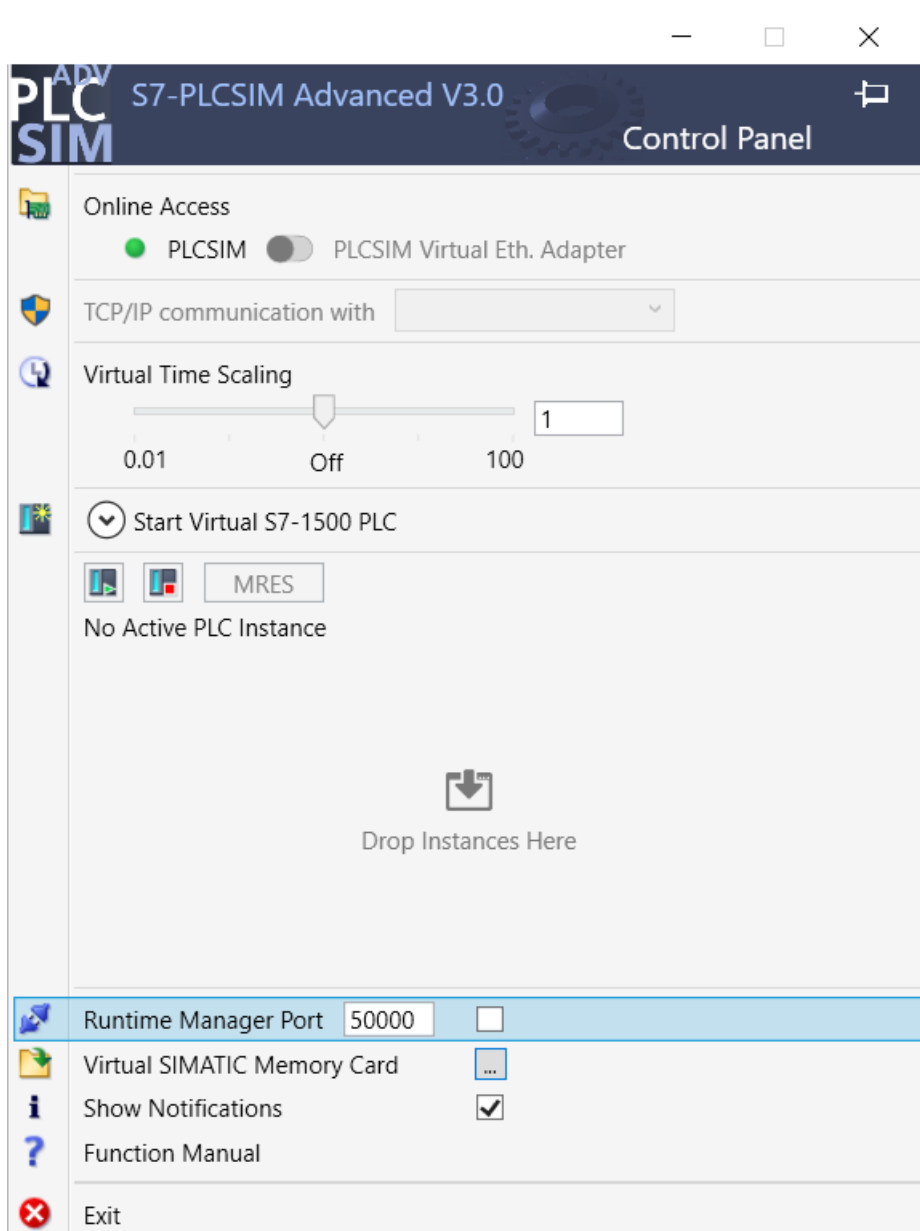
TIA Portal (kuva 1) on Siemensin automaatiotuotteiden ohjelmointiin ja konfigurointiin tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmistoon on integroitu Siemensin suunnittelutyökalut, kuten STEP 7, WINCC ja SINAMICS Startdrive. Ohjelmisto mahdollistaa esimerkiksi PLC-ohjelmoinnin, HMI-ohjelmoinnin, taajuusmuuttajien konfiguroinnin ja liikkeenohjauksen toteutuksen. (Siemens n.d. c.)



Kuva 1. TIA Portal projektinäkömä

3.2 PLCSIM Advanced

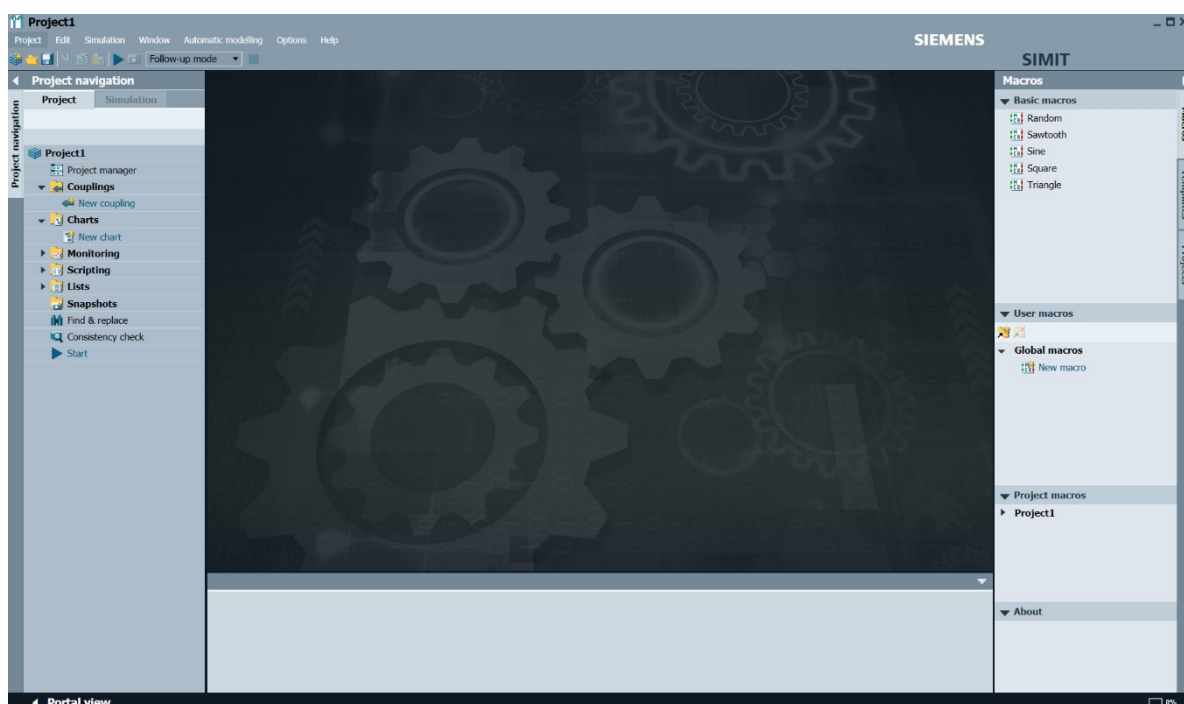
PLCSIM Advanced (kuva 2) on Siemensin simulointityökalu, joka mahdollistaa ohjelmoitavien logiikoiden simuloimisen ilman fyysistä järjestelmää. Se on osa Siemensin TIA Portal -ohjelmointiympäristöä ja sillä voidaan simuloida Siemensin S7-1500 ja ET200SP -ohjaimia sekä testata kommunikointia, liikkeenohjausta ja käyttöliittymiä. PLCSIM Advanced luo jokaiselle simuloidulle ohjaimelle instanssin, johon muodostetaan yhteys TCP/IP-protokollan tai Softbus -rajapinnan välityksellä. Instansseja voidaan luoda korkeintaan 16 kappaletta. Työkalua käytetään pääasiassa PLC-ohjelmien testaamiseen ja virtuaalisessa käyttöönotossa käytettäessä software in the loop -konseptia. (Siemens 2024.)



Kuva 2. PLCSIM Advanced perusnäky

3.3 SIMIT SP

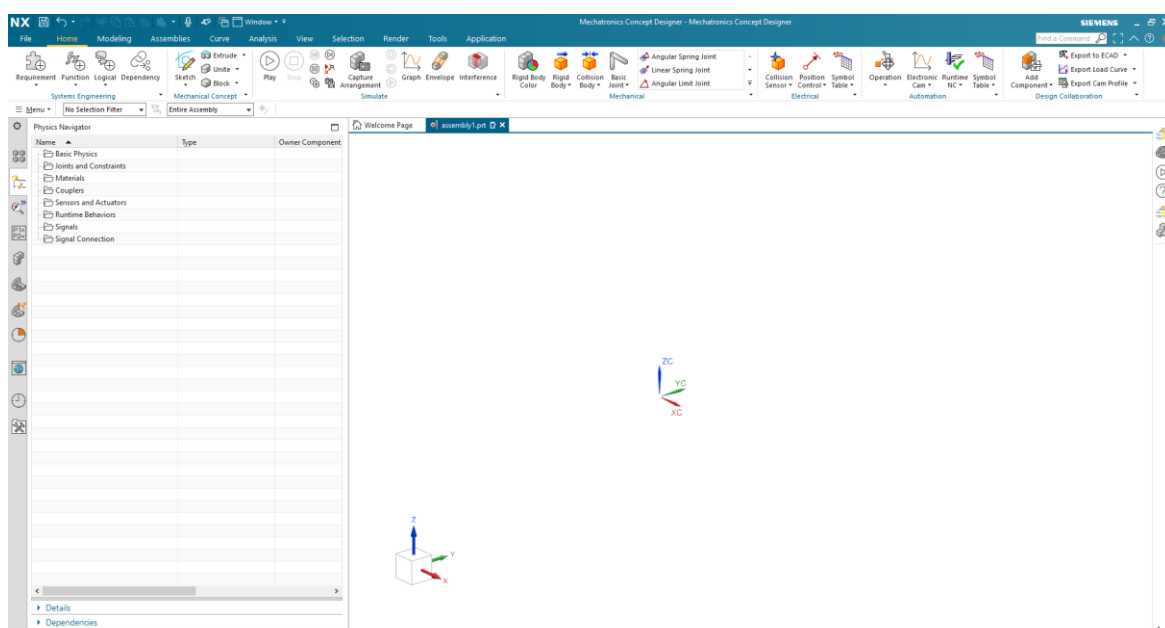
SIMIT SP (kuva 3) on Siemensin kehittämä simulointiohjelma. Ohjelmalla luodaan simulointimalli koneesta tai prosessista ja se mahdollistaa niiden testauksen ja virtuaalisen käyttöönoton. Ohjelmalla voidaan simuloida esimerkiksi laitteet, kuten venttiilit ja sähkökäytöt sekä suureet, kuten paine ja lämpötila. Simulointimallin avulla voidaan testata ja analysoida koneiden ja prosessien toimintaa ja mahdollisia virhetilanteita, joita ei pystyittäisi testaamaan ilman riskejä fyysisillä laitteilla. Ohjelmaa voidaan myös hyödyntää koneiden ja prosessien operaattorien koulutuksessa. Simuloinnissa voidaan käyttää kahta ei-konseptia. Hardware in the loop -konseptissa simulointimalli yhdistetään fyysiseen automaatiojärjestelmään. Software in the loop -konseptissa simulointi tehdään ilman fyysistä järjestelmää täysin virtuaalisesti. (Siemens n.d. b.)



Kuva 3. SIMIT SP projektinäkömä

3.4 NX MCD

NX MCD (kuva 4) on Siemensin suunnitteluohjelma, joka mahdollistaa laitteen yksityiskohtaisen simuloinnin. Ohjelmalla mallinnetaan laitteen CAD-malliin kinematiikka, liikkeet sekä anturit ja simuloidaan laitteen toimintaa virtuaalisesti. Ohjelmassa on valmis rajapinta PLC-ohjaukseen, jolloin laitteesta saadaan aikaiseksi digitaalinen kaksonen (Siemens n.d. d.) Ohjelmalla voidaan vähentää suunnitteluvirheitä ja sitä voivat hyödyntää eri alojen suunnittelijat automaatioprojekteissa. Esimerkiksi mekaniikkasuunnittelijat voivat simuloida laitteen mekaniikan toimintaa ohjelmalla ennen laitteen rakentamista. Sähkösuunnittelijat voivat hyödyntää ohjelmaa anturien ja toimilaitteiden valinnassa ja automaatiosuunnittelijat voivat hyödyntää ohjelmaa laitteen ohjelmistokehityksessä. (Siemens n.d. a.)

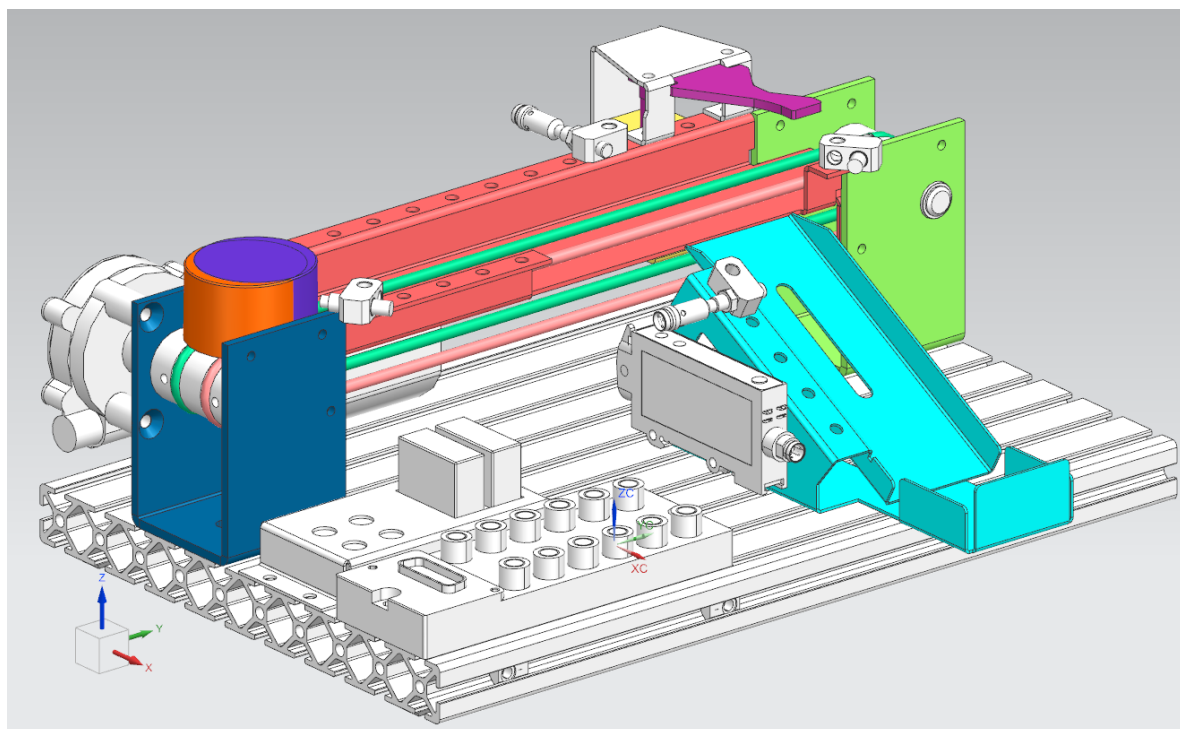


Kuva 4. NX MCD projektinäkömää

4 TOTEUTUS

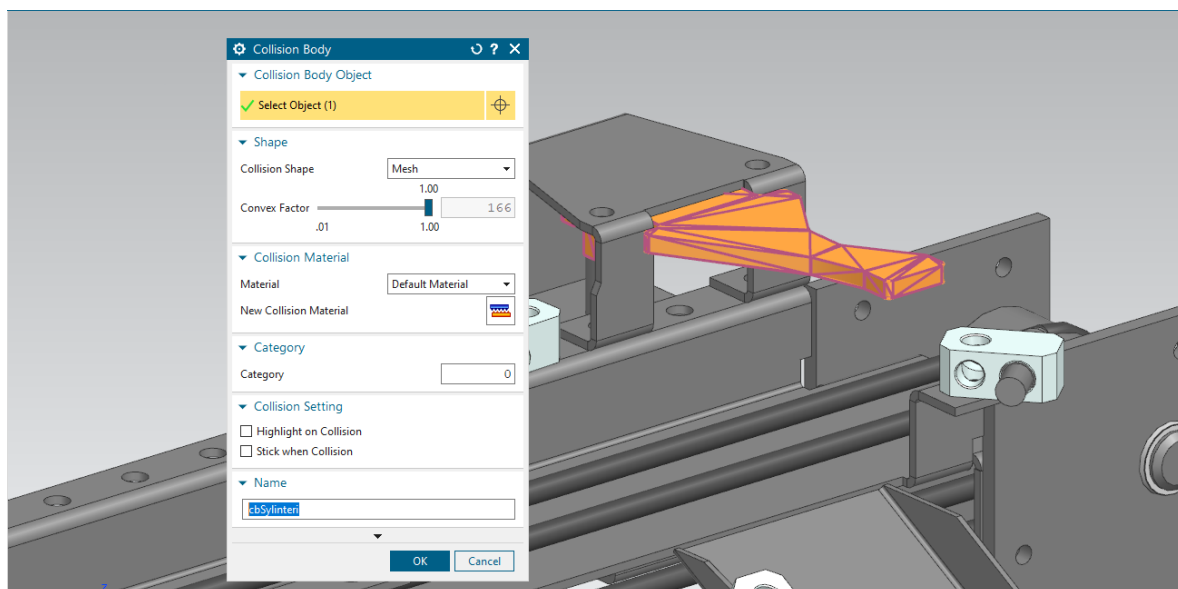
4.1 Digitaalisen kaksosen mallintaminen

Työ aloitettiin tuomalla kuljettimen valmis 3D-malli NX MCD -ohjelmaan, jonka avulla kuljettimeen mallinnettiin fyysiset ominaisuudet, liikkeet ja anturit. Ensimmäisenä määritettiin kuljettimen eri osille fyysiset ominaisuudet Rigid Body -toiminnolla. Toiminto mahdollisti osien liikkumisen ja niille voitiin määrittää jatkossa muita ominaisuuksia. Kuvassa 5 on nähtävillä väritettyinä osat, joille määritettiin Rigid Body -toiminto. Osien alkoi myös vaikuttaa painovoima, joten paikallaan pysyviin osiin oli lisättävä Fixed Joint -toiminto putoamisen estämiseksi.



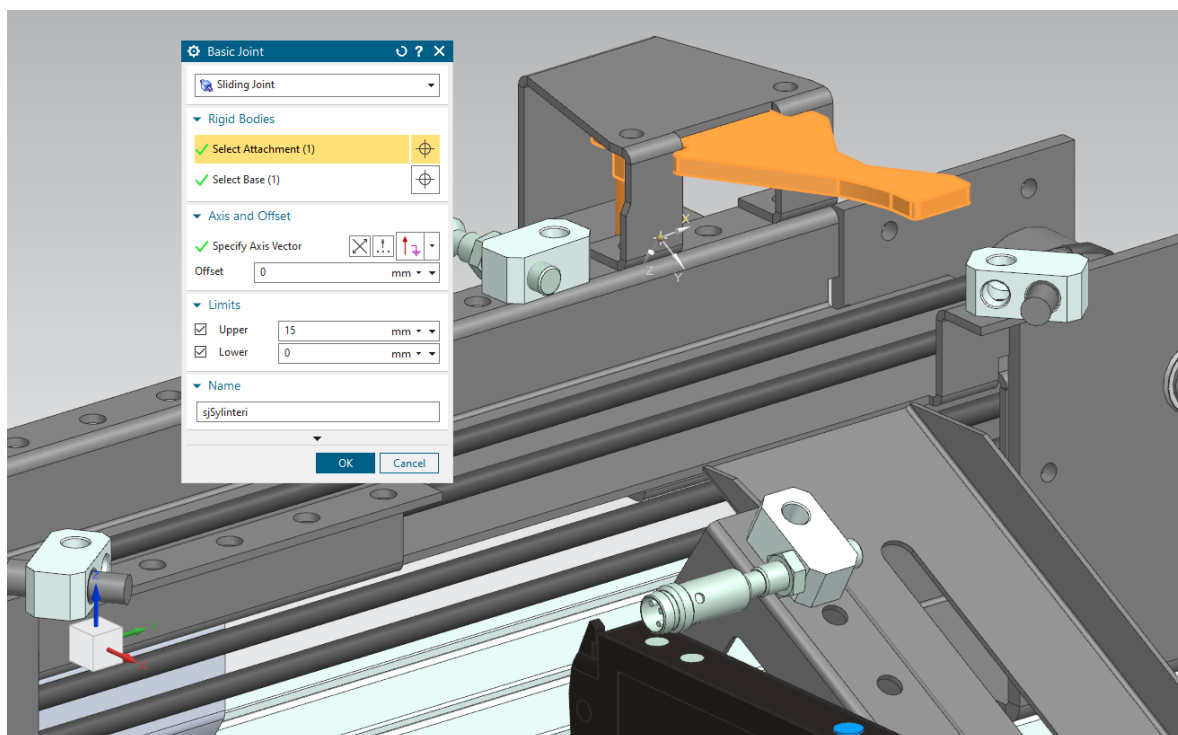
Kuva 5. Kuljettimen Rigid Bodyt

Kuljettimen osien törmäminen toisiinsa mahdollistettiin Collision Body -toiminnon avulla. Toiminto määritettiin kuljettimella kulkeville kappaleille ja kaikille osille, jotka saattoivat osua niihin. Ilman tätä toimintoa osat ja kappaleet olisivat kulkeneet toistensa läpi. Toimintoa määrittäessä tuli osalle valita oikean muotoinen törmäyspinta alasettovalikosta. Törmäyspinnan muotoa valitessa suosittiin yksinkertaisempia Box ja Cylinder -muotoja ja vältettiin tarkinta ja enemmän laskentatehoa vaativaa Mesh -muotoa. Näin parannettiin ohjelman suorituskykyä simuloinnin aikana. Kuvassa 6 on esitetty Collision Body -toiminnon määrittäminen sylinterille.



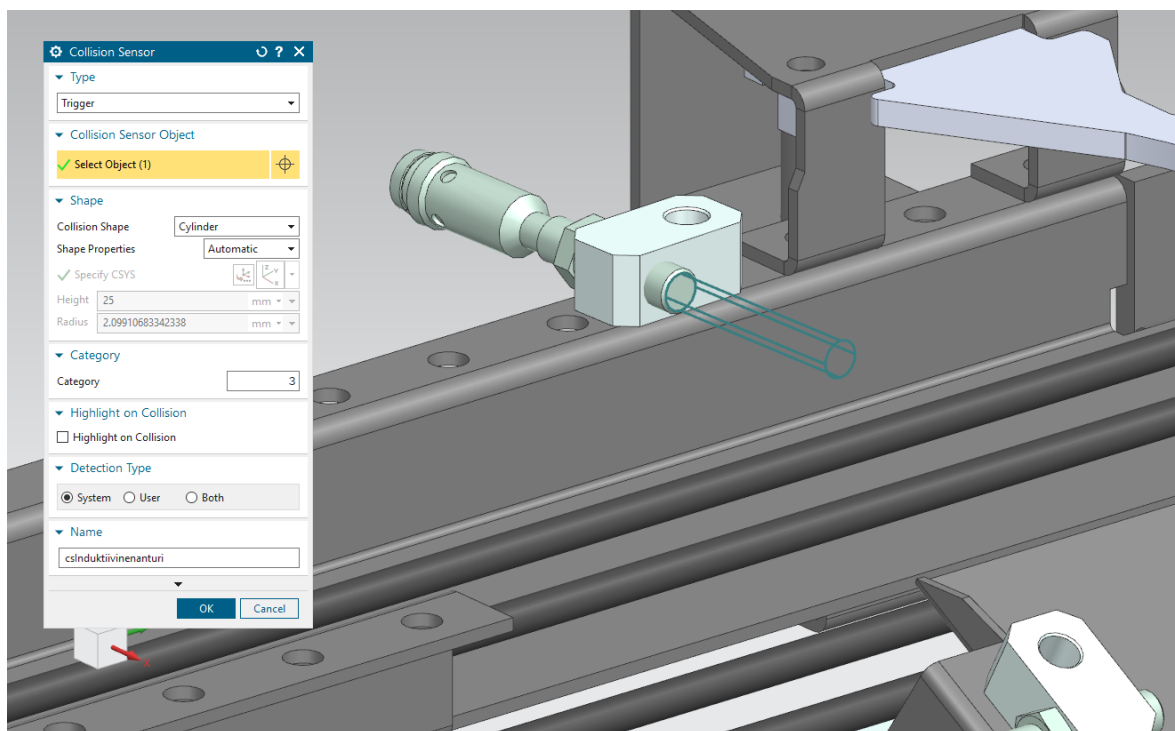
Kuva 6. Collision Body -toiminnon määrittäminen sylinterille

Seuraavaksi lisättiin 3D-malliin liikkeitä. Metallisia kappaleita lajitteleva sylinteri saatiin liikkumaan ylös ja alas Sliding Joint -toiminolla, joka mahdollistaa osien lineaariset liikkeitä (kuva 7). Sylinterille lisättiin jousipalautus, joka toteutettiin Spring Damper -toiminnon avulla. Kuljettimen hihnat saatiin kuljettamaan kappaleita eteenpäin lisäämällä niille Transport Surface -toiminto. Liikkeitä pystyttiin hallitsemaan halutulla tavalla Position Control ja Speed Control -toimintojen avulla.



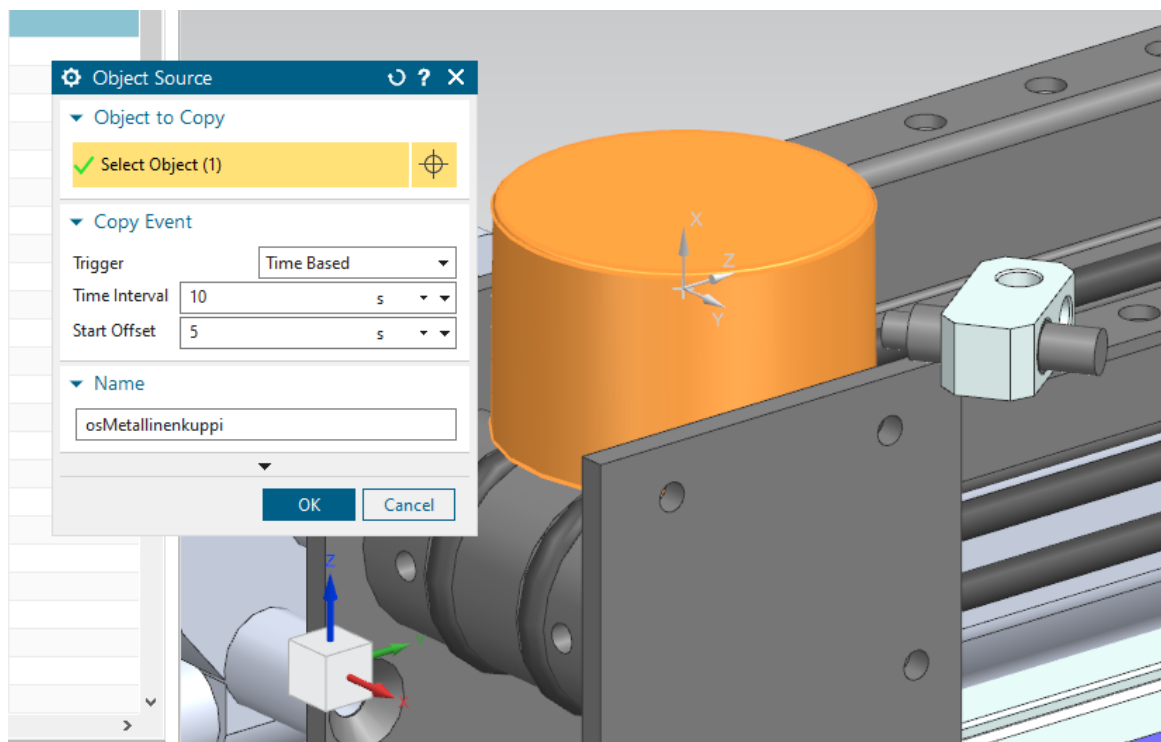
Kuva 7. Sliding Joint -toiminnon määrittäminen sylinterille

Kuljettimen anturien toteuttaminen aloitettiin piirtämällä Sketch -toiminnon avulla anturien eteen niiden tunnistusalueet. Piirretyille tunnistusalueille määritettiin Collision Sensor -toiminto, jolloin anturi saatiin tunnistamaan tunnistusalueelle tulevat kappaleet. Kuljettimen induktiiviset anturit saatiin tunnistamaan ainoastaan metallisia kappaleita lisäämällä niille oma kategoria Collision Sensor -toimintoa määritettäessä. Sama kategoria lisättiin myös kuljettimella kulkeville metallisille kappaleille. Sylinterin rajakytkimet tehtiin Limit Switch -toiminnon avulla. Kuvassa 8 on esitetty induktiivisen anturin tekeminen Collision Sensor -toiminnolla.



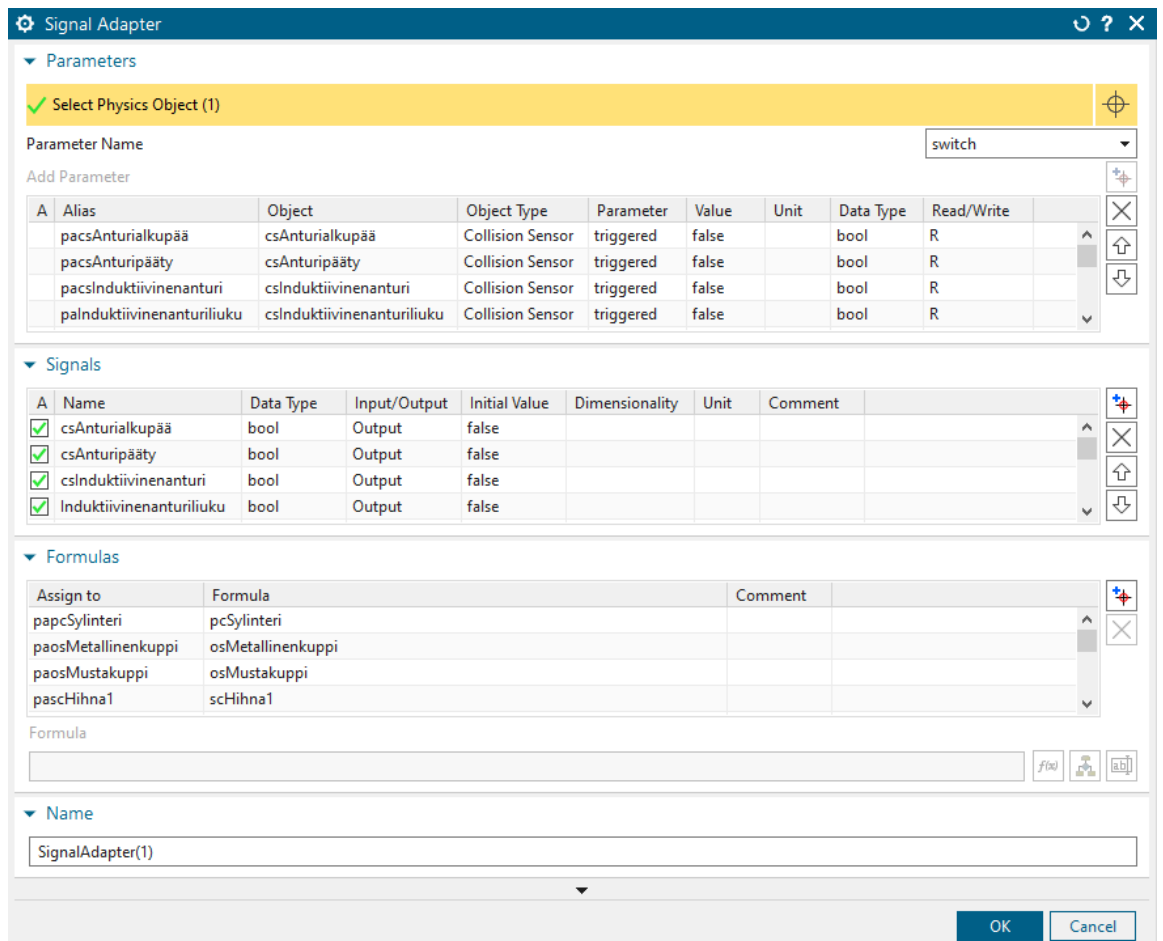
Kuva 8. Induktiivisen anturin tekeminen Collision Sensor -toiminnolla

Kuljettimen alkupäähän haluttiin luoda uusia kappaleita tietyin väliajoin simuloinnin aikana. Tämä toteutettiin Object Source -toiminnon avulla (kuva 9). Object Sink -toiminnolla kappaleet saatiin poistettua kuljettimen loppupäästä ja kourusta. Kappaleet poistettiin, koska niitä ei haluttu jättää kuluttamaan laskentatehoa turhaan ja heikentämään ohjelman suorituskykyä.



Kuva 9. Object Source -toiminnon määrittäminen

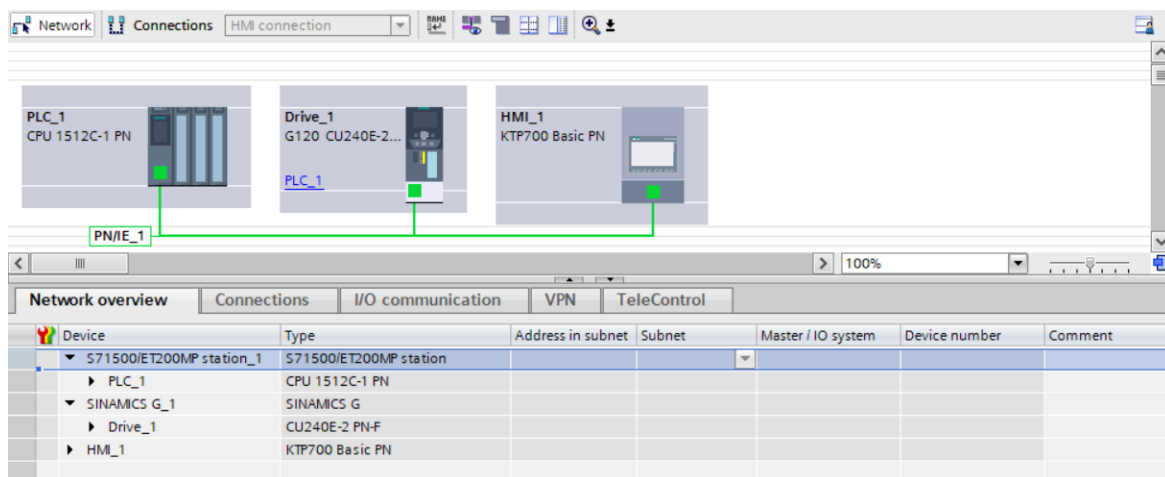
Lopuksi kuljettimelle tehtiin Signal Adapter (kuva 10), joka mahdollisti kuljettimen ohjaamisen PLC:llä. Ensín jokaisesta kuljettimelle määritetystä toiminnosta luotiin oma parametri, jolle syötettiin sen oikeat tiedot. Seuraavaksi määriteltiin kuljettimen tulot ja lähdöt eli signaalit, jotka tuodaan myöhemmin SIMIT SP -ohjelmaan ja yhdistetään siellä PLC:n muuttujiin. Lopuksi parametrit ja signaalit yhdistettiin toisiinsa.



Kuva 10. Kuljettimen Signal Adapter

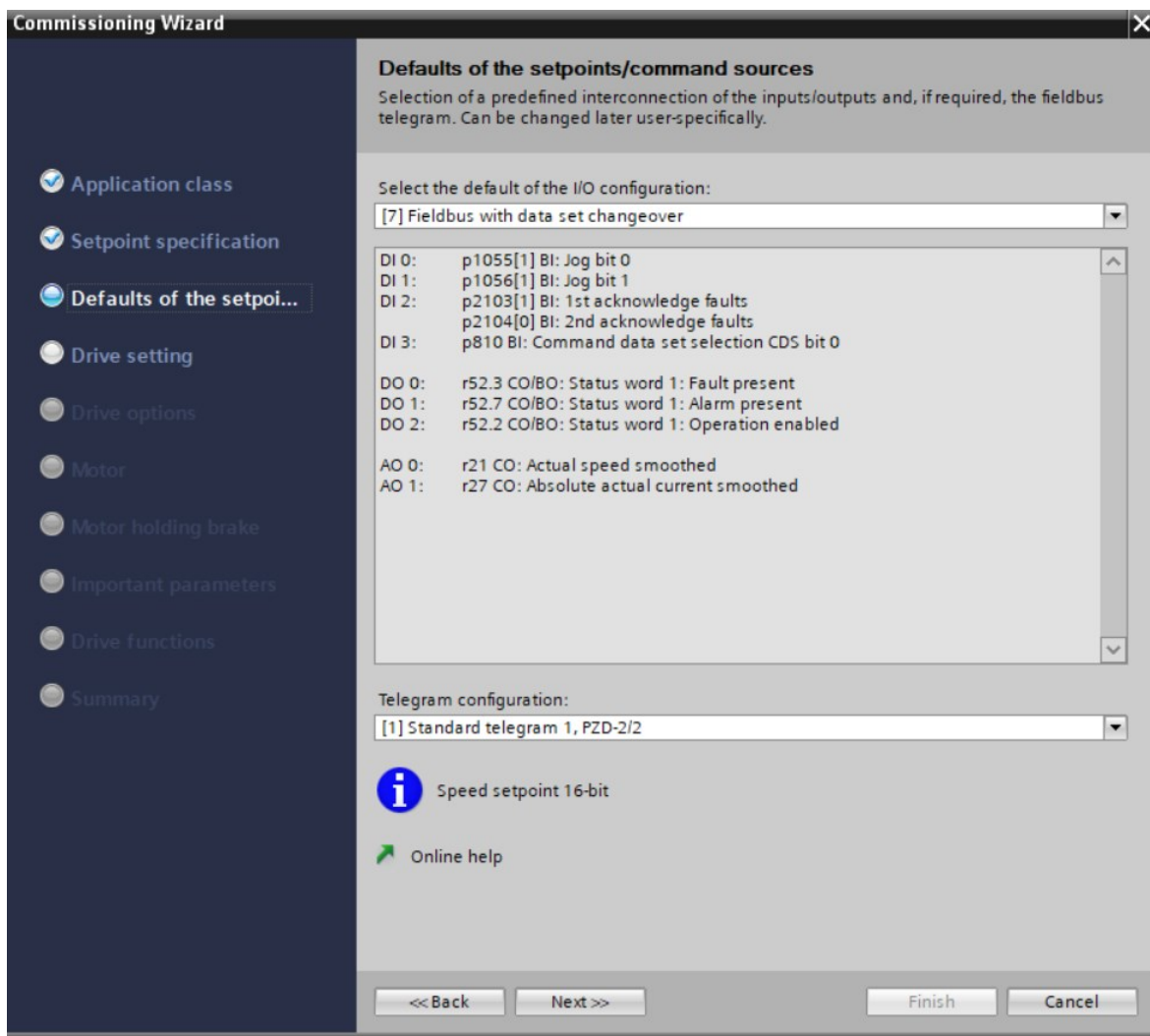
4.2 Ohjelmointi

Ohjelmoinnissa käytettiin TIA Portal -ohjelmaa, jolla tehtiin PLC- ja HMI-ohjelmointi sekä konfiguroitiin automaatiokomponentit. Ohjelmointi aloitettiin luomalla TIA Portalissa uusi projekti ja lisäämällä siihen oikeat automaatiokomponentit (kuva 11). Komponentit yhdistettiin toisiinsa Profinet -väylän avulla.



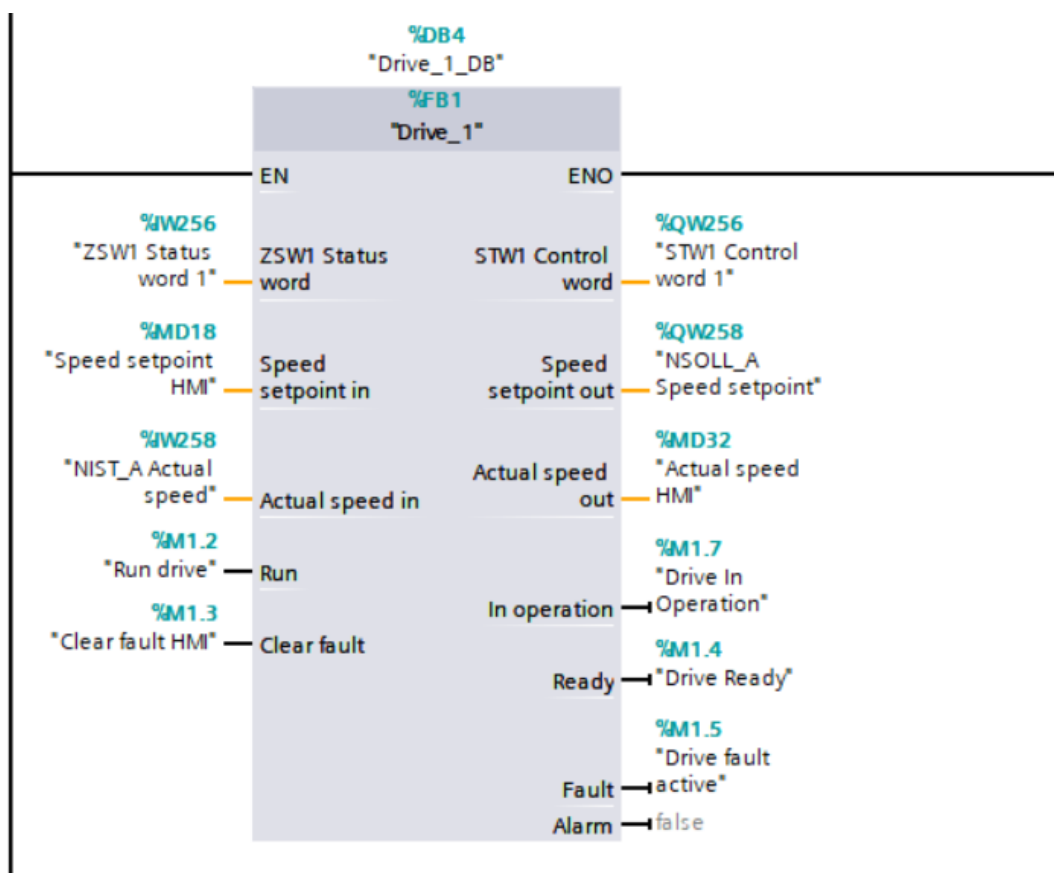
Kuva 11. Projektin komponentit

Taajuusmuuttajan konfiguroinnissa käytettiin TIA Portalin Sinamics Startdrive -lisäosaa. Konfigurointi aloitettiin käynnistämällä Commissioning Wizard -työkalu (kuva 12), jolla asetettiin moottorin tiedot ja tärkeimmät parametrit. Työkalun Setpoint specification -välilehdellä valittiin, että taajuusmuuttajaa ohjaa PLC ja että taajuusmuuttaja hallitsee itse kiihdytys- ja pysähdysaika. Kiihdytys- ja pysähdysaika asetettiin Important parameters -välilehdellä. Taajuusmuuttaja ja PLC kommunikoivat väylän avulla, joten Defaults of the setpoints/command sources -välilehdeltä valittiin I/O:n oletusrakenteeksi Fieldbus with data set changeover ja telegrammiksi Standard telegram 1. Standard telegram 1 koostuu ohjaus- ja tilasanasta sekä nopeusohjeesta ja nopeuden tilatiedosta.



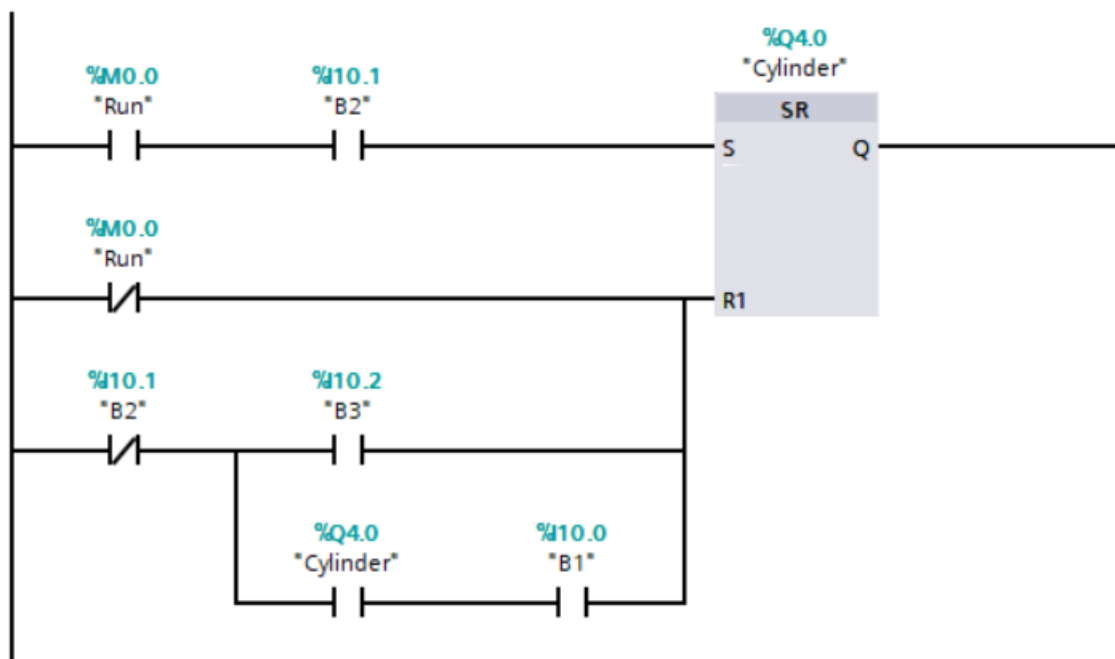
Kuva 12. Commissioning Wizard -työkalu TIA Portalissa

Taajuusmuuttajan konfiguroinnin jälkeen aloitettiin PLC-ohjelmointi. Taajuusmuuttajan ohjaamista varten ohjelmoitiin toimilohko (kuva 13). Taajuusmuuttajaa käytettiin kuljettimen nopeuden säätämiseen.



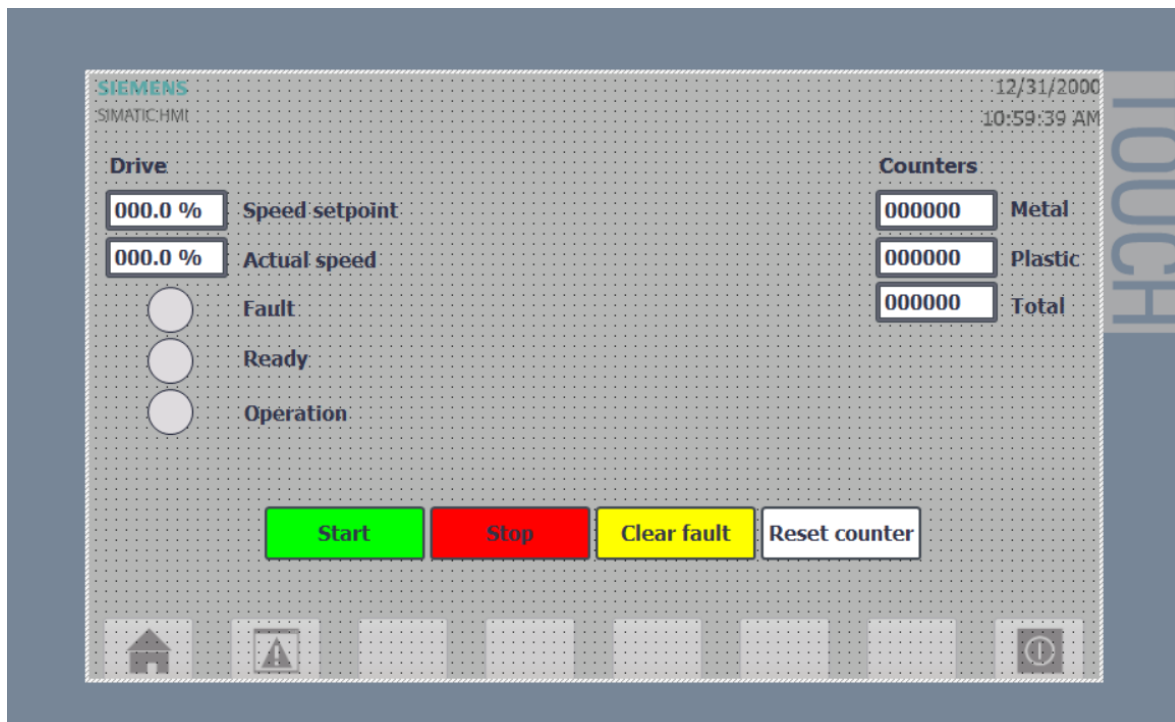
Kuva 13. Taajuusmuuttajan toimilohko

Sylinterin ohjaus toteutettiin SR-kiikun avulla. Sylinteri ohjattiin alas aina, kun kuljettimen käyntikäsky oli päällä ja induktiivinen anturi tunnisti kappaleen. Sylinteri ohjattiin takaisin ylös kourussa olevan anturin tunnistaessa kappaleen tai käyntikäskyn poistuessa. Sylinteri ohjattiin ylös myös silloin, jos sylinteri oli alhaalla ja kuljettimen alkupäässä oleva anturi tunnisti uuden kappaleen. Sylinterin ohjelma on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Sylinterin ohjelma

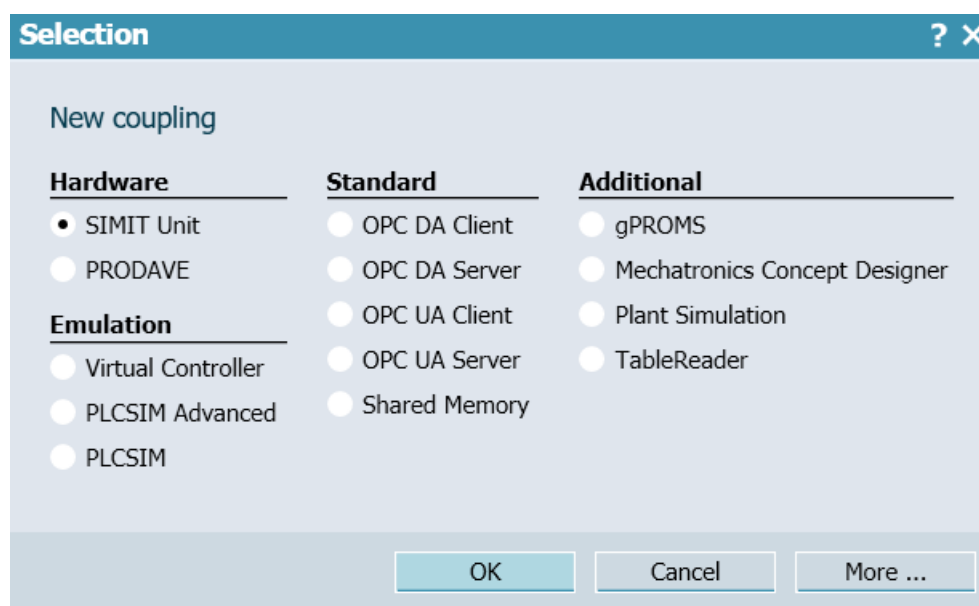
Kuljettimen ohjaamista varten ohjelmoitiin HMI-paneeli. Paneeliin lisättiin taajuusmuuttajan tilatiedot, mahdollisuus muuttaa sen nopeusohjetta sekä kuljettimella kulkevien kappaleiden laskurit. Lopuksi paneeliin lisättiin kuljettimen käynnistys- ja pysäytyspainikkeet sekä painikkeet taajuusmuuttajan vian kuittausta ja laskurien nollausta varten. HMI-paneeli on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. HMI-paneeli

4.3 Simulointimallin luominen

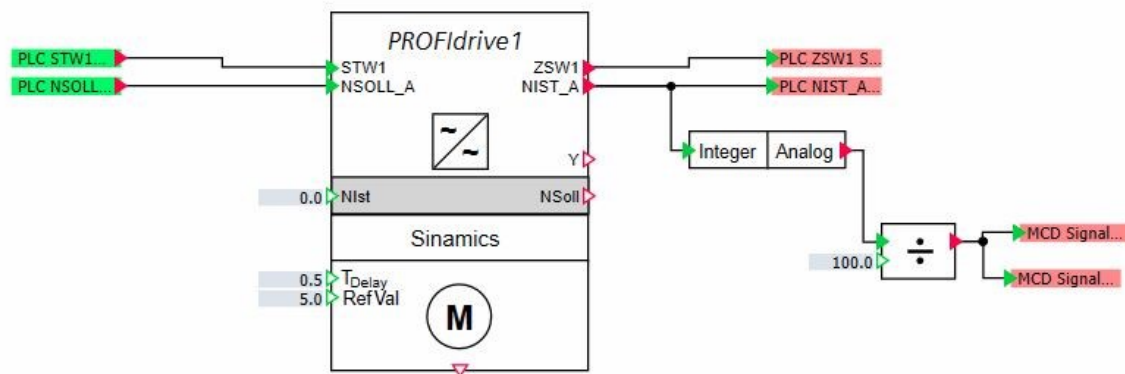
Simulointimallin luomisessa käytettiin SIMIT SP -ohjelmaa. Ohjelma mahdollisti taajuusmuuttajan simuloinnin sekä yhteyden luomisen kuljettimen digitaalisen kaksosen ja virtuaalisen PLC:n välille. Simulointimallin luominen aloitettiin tuomalla aikaisemmin tehty TIA Portal -projekti SIMIT SP -ohjelmaan, joka tapahtui valitsemalla SIMIT SP:n projektipuusta New coupling. Avautuvassa ikkunassa liityntätyyppiä valittiin PLCSIM Advanced (kuva 16). Seuraavassa ikkunassa tuotavaksi projektiä valittiin aikaisemmin tehty TIA Portal -projekti, josta tuotiin PLC:n I/O-rajapinta ja muuttajat SIMIT SP-ohjelmaan.



Kuva 16. Liityntätyyppin valinta

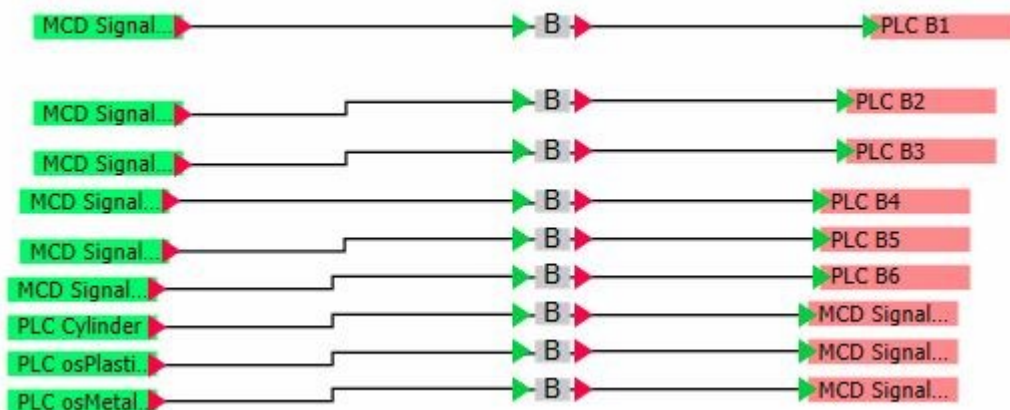
NX MCD -projektiin liittäminen SIMIT SP -ohjelmaan aloitettiin valitsemalla projektipuusta New coupling. Liityntätyyppiä valittiin Mechatronics Concept Designer, jonka jälkeen avautuvassa ikkunassa painettiin Receive signals from MCD -painikkeesta. Tämän jälkeen NX MCD:n SIMIT -välilehdeltä valittiin Send signals to SIMIT. Näin saatiin tuotua NX MCD:n Signal Adapter -toiminnolla luodut signaalit SIMIT SP-projektiin.

Kuljettimen simulointimalli luotiin SIMIT SP:n Chart -ohjelmakaavioon. Taajuusmuuttajan simulointiseksi SIMIT SP:n komponenttikirjastosta lisättiin kaavioon PROFIdrive1 -lohko. Lohko vastaa toiminnaltaan taajuusmuuttajan käyttämää Standard telegram 1 -rakennetta. Lohkoon yhdistettiin oikeat PLC:n muuttajat, eli taajuusmuuttajan tila- ja ohjaussana sekä nopeusohje ja nopeuden tilatieto. Kuljettimen nopeuden hallitsemiseksi lohkoon yhdistettiin NX MCD:n kuljettimen signaalit skaalamalla ensin nopeuden tilatietoa jakolasku ja Integer to analog -lohkojen avulla. Kuvassa 17 on esitetty valmis taajuusmuuttajan simulointimalli. Lisäksi PROFIdrive1 -lohkolle asetettiin samat parametrit, jotka asetettiin taajuusmuuttajalle TIA Portalissa. Näitä parametrejä olivat esimerkiksi moottorin maksiminopeus sekä taajuusmuuttajan kiihdytysaika. Näin taajuusmuuttajan simulointi saatiin toimimaan halutulla tavalla.



Kuva 17. Taajuusmuuttajan simulointimalli

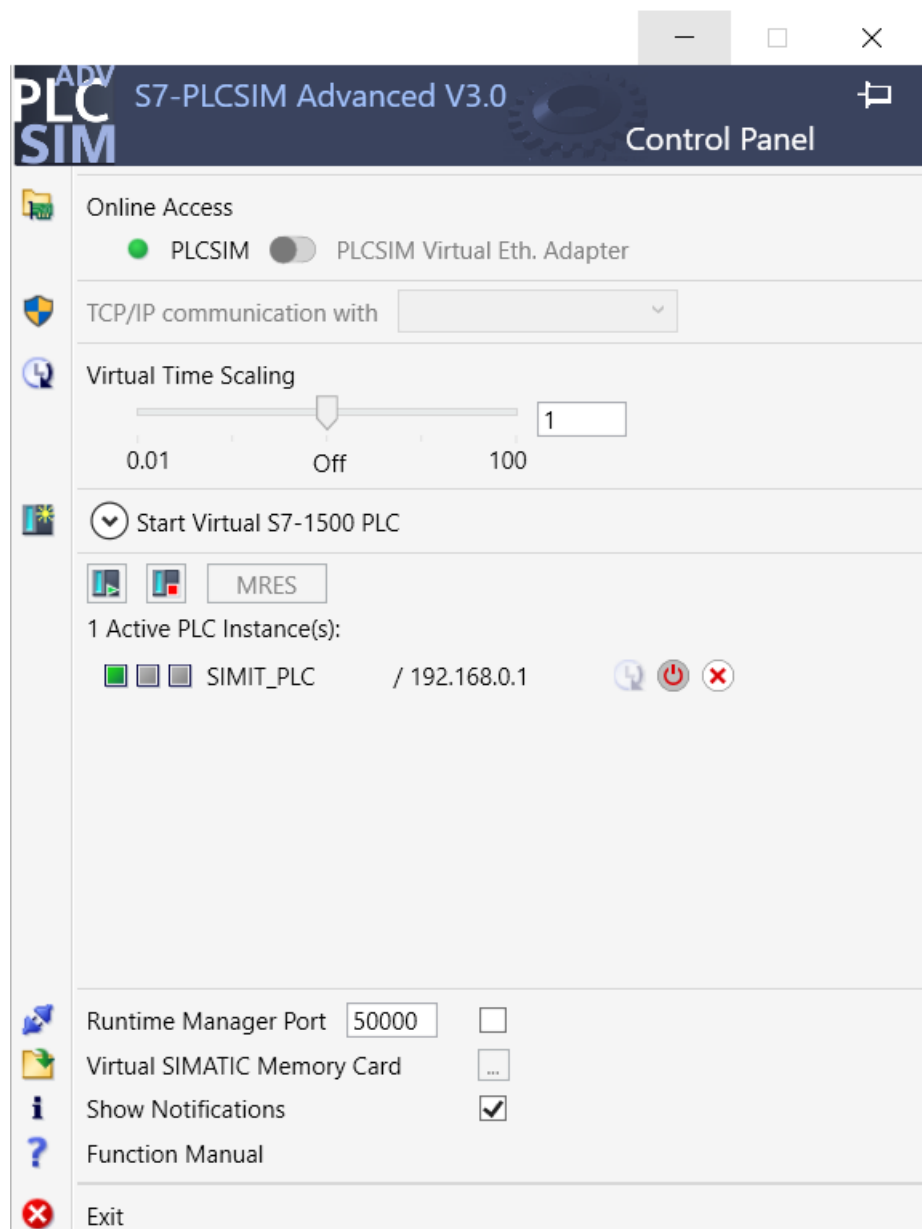
Seuraavaksi muut PLC:n muuttujat ja NX MCD:n signaalit yhdistettiin toisiinsa kuvan 18 mukaisesti. Yhdistämisessä käytettiin SIMIT SP:n komponenttikirjaston binääriiitintä.



Kuva 18. Signaalien yhdistäminen

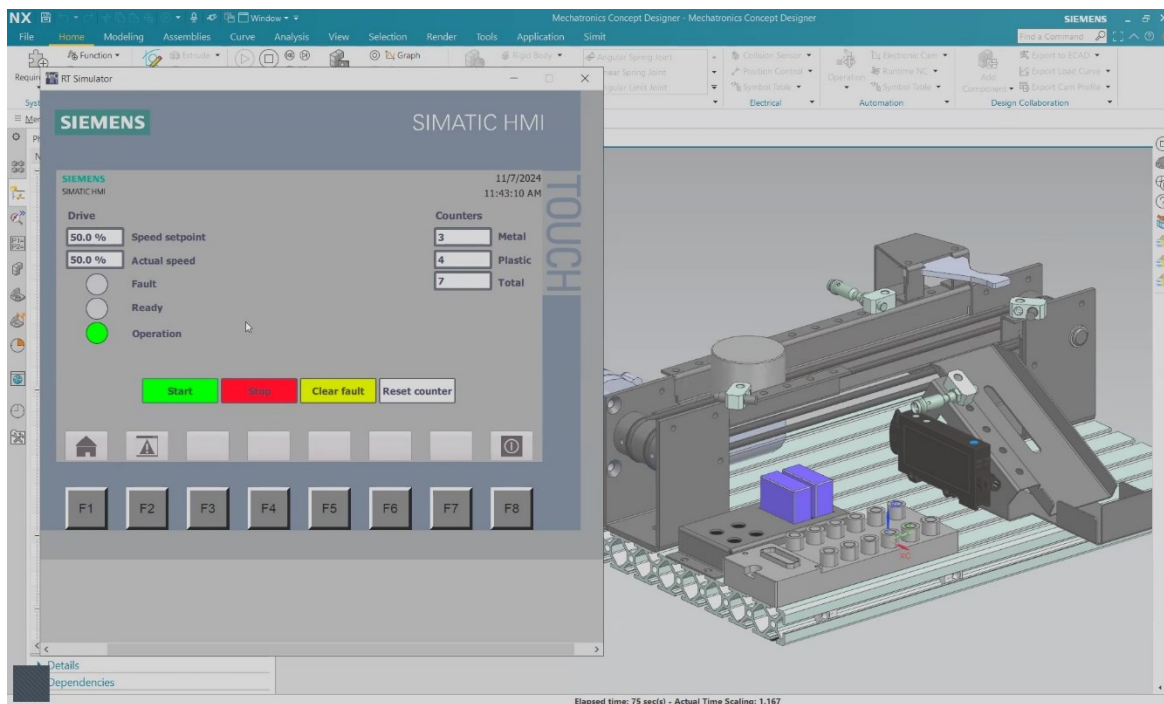
4.4 Simulointi

Simulointimallin luomisen jälkeen voitiin aloittaa kuljettimen simulointi. Simulointi käynnistettiin SIMIT SP:n vasemmassa yläreunassa sijaistevasta pienestä Start -painikkeesta, jolloin ohjelma siirtyi Simulation -välilehdelle. Simuloinnin aloittaminen käynnisti PLCSIM Advanced -työkalun, joka käynnisti automaattisesti virtuaalisen PLC:n (kuva 19). Aikaisemmin tehty PLC-ohjelma ladattiin TIA Portalissa virtuaalisen PLC:n sisään ja samalla käynnistettiin HMI:n simulointi.



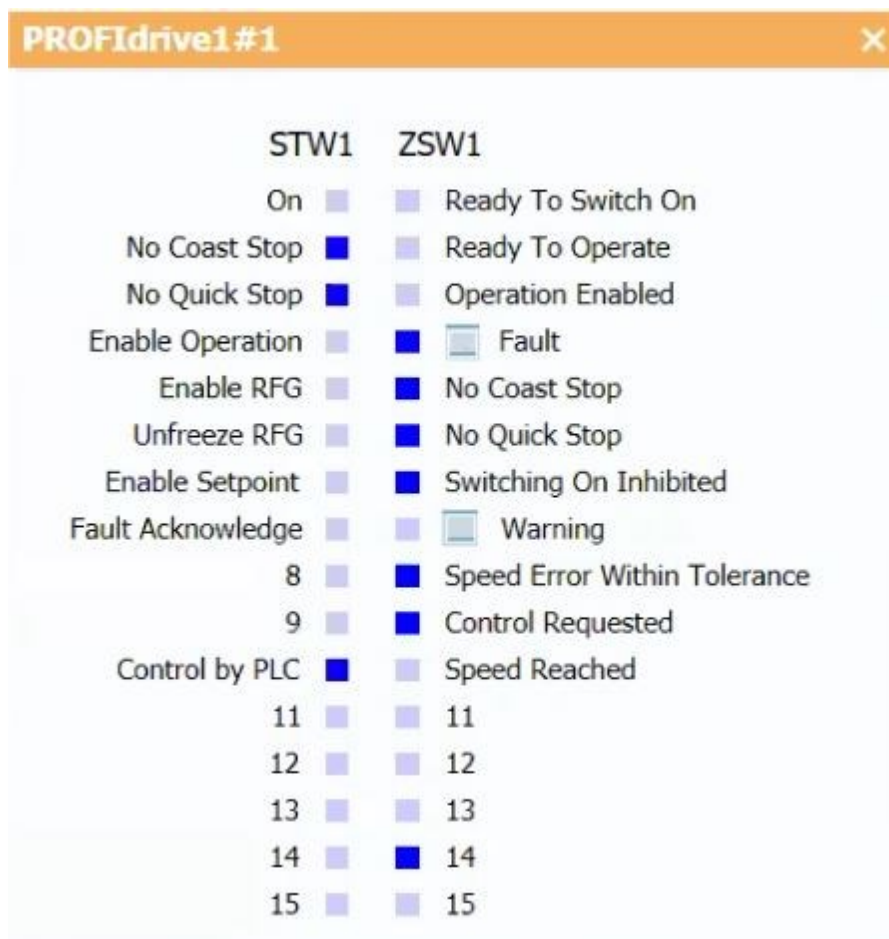
Kuva 19. PLCSIM Advanced ja virtuaalinen PLC

Ohjelmien välisten yhteyksien muodostamisen jälkeen voitiin aloittaa kuljettimen simulointi NX MCD -ohjelmassa ja PLC-ohjelman toiminnan testaaminen. Kuljetin käynnistettiin asettamalla taajuusmuuttajalle nopeusohje ja painamalla käynnistuspainiketta HMI-paneelista, jolloin kuljetin alkoi kuljetamaan kappaleita eteenpäin. Kuljettimen käydessä sylinteri lajitteli metalliset kappaleet kouruun ja päästi läpi muoviset kappaleet. Uusia kappaleita syntyi kuljettimen alkupäähän tietyin väliajoin käyntikäskyn ollessa päällä. Kuvassa 20 on nähtävissä tilanne, jossa kuljetinta simuloidaan.



Kuva 20. Kuljettimen toiminnan simulointi

SIMIT SP -ohjelman avulla taajuusmuuttaja voitiin asettaa häiriötilaan simuloinnin aikana. Tämä tapahtui avaamalla PROFdrive1 -lohko ja asettamalla taajuusmuuttajan tilasanan häiriöbitti päälle (kuva 21), jolloin kuljetin pysähtyi. Häiriö voitiin kuitata HMI-paneelista ja kuljettimen käynnistämiseksi uudelleen oli painettava käynnistuspainiketta uudestaan. Kaikkien kuljettimen toimintojen testaamisen jälkeen PLC-ohjelma voitiin todeta toimivaksi.



Kuva 21. Häiriöbitin asettaminen päälle

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tilaaja oli Savonia-ammattikorkeakoulu ja työn tavoitteena oli toteuttaa kuljettimelle virtuaalinen käyttöönotto. Työ koostui digitaalisen kaksonen mallintamisesta, ohjelmoinnista, simulointimallin luomisesta ja simuloinnista.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja virtuaalinen käyttöönotto saatiin toteutettua kuljettimelle onnistuneesti. Työn lopputuloksena syntyi toimiva kuljettimen digitaalinen kaksonen, simulointimalli ja ohjelmakokonaisuus. Tilaajalle tehtiin myös ohjeet digitaalisen kaksonen mallintamiseen, simulointimallin luomiseen sekä simulointiin NX MCD ja SIMIT SP -ohjelmilla. Työn tuloksia tilaaja voi hyödyntää esimerkiksi tulevissa projekteissa sekä PLC-ohjelmoinnin ja sähkökäyttöjen opetuksessa. Lisäksi työn tulosten pohjalta on mahdollista lähteä toteuttamaan virtuaalista käyttöönottoa suuremmalle kokonaisuudelle, kuten kokonaiselle tuotantosolulle.

NX MCD ja SIMIT SP ovat hyvin kattavia ja monipuolisia ohjelmia, eikä tässä työssä ehditty tutustua läheskään kaikkiin niiden ominaisuuksiin. Tästä syystä yksi aihe jatkokehitykselle voisi olla perehtyminen ohjelmiin tarkemmin, jotta virtuaalinen käyttöönotto voitaisiin toteuttaa entistä realistisemmin ja tehokkaammin.

Ammatillisen osaamisen kannalta hyödyllisintä tässä työssä oli taajuusmuuttajaan ja sen Profinet -kommunikointiin perehtyminen. Tämä vaati paljon opiskelua ja Siemensin manuaalien lukemista.

LÄHTEET

- Aiut n.d. Discover virtual commissioning – the technology that guarantees success. <https://aiut.com/en/blog/virtual-commissioning/>. Viitattu 5.4.2025.
- Attaran, M. & Celik, B. 2023. Digital Twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222300005X#sec2>. Viitattu 11.4.2025.
- Huang, H., Ji, T. & Xu, X. 2024. An adaptable Digital Twin model for manufacturing. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213846324002050#s0010>. Viitattu 9.4.2025.
- Jiang, J., Jin, L., Liao, W., Nazir, A., Wang, K., Wu, D. & Zhai, X. 2024. Big data, machine learning, and digital twin assisted additive manufacturing: A review. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026412752400460X#se0490>. Viitattu 10.4.2025.
- Siemens 2024. Guideline – Virtual Commissioning with SIMIT, NX MCD and S7-PLCSIM Advanced. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/864/109963864/att_1277519/v1/Guideline_VC_SIMIT_PSA_MCD_V1.0.0.pdf. Viitattu 27.3.2025.
- Siemens n.d. a. Mechatronic concept design. <https://plm.sw.siemens.com/en-US/nx/cad-online/automation/mechatronic-design/>. Viitattu 1.4.2025.
- Siemens n.d. b. SIMIT Simulation Platform. <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/simit.html>. Viitattu 30.3.2025.
- Siemens n.d. c. Totally Integrated Automation Portal – Always ready for tomorrow. <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>. Viitattu 7.4.2025.
- Siemens n.d. d. Virtuaalinen käyttöönotto. <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/virtuaalinen-kayttoonotto.html>. Viitattu 30.3.2025.
- Striffler, N. & Voight, T. 2023. Concepts and trends of virtual commissioning – A comprehensive review. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612523002145>. Viitattu 4.4.2025.
- Tsolev, N. 2024. Virtual Commissioning: what is it, and what are the benefits? <https://digitaltwinproject.eu/virtual-commissioning-what-is-it-and-what-are-the-benefits/>. Viitattu 5.4.2025.