

Digitaalinen kaksonen vanerin ladontalinjasta



Sähkö- ja automaatiotekniikan opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK), Valkeakosken kampus

Kevät 2021

Marko Virtanen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö oli Makron Automation Oy:n kehitysprojekti. Työ liittyi yrityksen kehitysprojektina tehtävään vanerin valmistuksessa käytettävään viulun ladontalinjan digitaaliseen kaksoseen. Tavoitteena oli luoda SIMIT-ohjelmistolla simulointipiirit, jotka simuloivat ladontalinjan kenttälaitteita, kommunikointia ja I/O-rajapintaa. Simulointipiirejä on tarkoitus käyttää pohjana tulevaisuuden simulointiprojekteissa.

Myöhemmässä vaiheessa simulointipiirejä käytetään osana digitaalista kaksosta eli Siemens NX MCD-ohjelmistolla ladontalinjan 3D-malliin tehdyn kinematiikan kanssa, jossa testataan PLC-koodin toiminta ja käyttöön otetaan linja virtuaalisesti.

Opinnäytetyö onnistui hyvin ja odotusten mukaisesti. Ohjelmien käytön taustatutkimus ja testaus oli suuri osa työstä johtuen, että yrityksessä ei ole tehty ennen digitaalista kaksosta tai käytetty kyseisiä ohjelmia näin isossa mittakaavassa. Työn lopputuloksena luotiin toimivat simulointimallit ja ne vielä todettiin toimiviksi simuloinnilla 3D-mallin kanssa.

Avainsanat automaatio, digitaalinen kaksonen, SIMIT, virtuaalinen käyttöönotto

Sivut 24 sivua

Author Marko Virtanen

Year 2021

Subject Digital twin to plywood layup

Supervisors Mika Oinonen

ABSTRACT

This thesis was commissioned by my employer Makron Automaton Oy as a development project. This thesis project was related to the company's project to develop a digital twin to the plywood layup line. The main goal is to create simulation models from field devices, communication, and I/O-interface with the Siemens SIMIT-software. Created simulation models will be used as a base for simulation projects in the future.

Later these simulation models will be part of a digital twin and they will be used with a 3D-model. With Siemens NX MCD-software will be implemented kinematics to 3D-model of the plywood layup line. With digital twin we will be able to test the PLC-software and do virtual commissioning.

In this thesis project the main goal was achieved. Background work and testing of the software functionalities were a major part of the work, because this was the company's first digital twin project, and no one had ever used the software before in a large scale.

Keywords automation, digital twin, SIMIT, virtual commissioning

Pages 24 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Digitaalinen kaksonen	2
2.1	Digitaalisen kaksonen alkujuuret	2
2.2	Virtuaalinen käyttöönotto	3
3	Vanerin valmistus	5
4	Digitaalisessa kaksoessa käytettävät ohjelmistot.....	7
4.1	TIA Portal V16	7
4.2	SIMIT V10.2	8
4.3	NX Mechatronics Concept Designer	11
4.4	PLCSIM Advanced V3.0	11
5	Simulointimallin rakentaminen SIMIT-ohjelmistolla.....	13
5.1	Perusasetukset.....	14
5.2	Liitynnät.....	14
5.3	Ohjelmat.....	16
5.3.1	Taajuusmuuttajakäytöt	17
5.3.2	I/O-rajapinta.....	19
5.3.3	Turvapiiri	20
5.3.4	Käyttöpaikan simulointi	21
5.4	Simulointipiirien testaus	22
6	Yhteenveto	23
	Lähteet.....	24

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Käyttöönoton osuus projektinaikataulusta (Schamp, 2018)	4
Kuva 2. Kokonaisen linjaston pohjapiirustus (Plytec, 2018)	6
Kuva 3. TIA Portal-ohjelmiston näkymä	7
Kuva 4. SIMIT-ohjelmiston näkymä	8
Kuva 5. SIMIT times & operating modes-ikkuna	9
Kuva 6. Asynchronous-päivityssykli (Siemens, 2020).....	9
Kuva 7. Bus synchronous-päivityssykli	10
Kuva 8. Synchronous-päivityssykli (Siemens, 2020).....	10

Kuva 9. PLCSIM Advanced-ohjelmiston näkymä	12
Kuva 10. SIMIT-ohjelman projektipuunäkymä	13
Kuva 11. Projektikohtaiset SIMIT-asetukset.....	14
Kuva 12. PLCSIM Advanced liityntäikkuna	15
Kuva 13. PLCSIM Advanced liityntäikkuna	15
Kuva 14. SIMIT-ohjelman valmiita komponentteja	16
Kuva 15. Sinamics-taajuusmuuttajien telegrammit 1–3. (Siemens, 2020)	17
Kuva 16. Profidrive1-lohko SIMIT-ohjelmassa.....	18
Kuva 17. Valmis simulointipiiri	18
Kuva 18. I/O-rajapinnan simulointimalli.....	19
Kuva 19. Häätäseispainike ja kiittauspainike	20
Kuva 20. Käyttöpainikkeet ja indikaattorit	21
Kuva 21. Tiivistetty simulointinäkymä, NX MCD & TIA Portal.....	22

1 Johdanto

Tämän työn tavoitteena on luoda vanerin valmistuksessa käytettävästä vaneriviilujen ladontalinjasta digitaalinen kaksonen. Työ käsittää Siemensin SIMIT-ohjelmistolla tehtävät taajuusmuuttajakäyttöjen, logiikan tulo- ja lähtörajapinnan eli I/O-rajapinnan, turvaratkaisuiden sekä muiden kenttälaitteiden simulointimallit, jotka voidaan myöhemmässä vaiheessa liittää Siemensin Mechatronics Concept Designerilla tehtävään 3D-mallinnoksen kinematiikkaan.

Digitaalinen kaksonen tarkoittaa virtuaalista simulointimallia koneen tai laitteen fyysisestä vastineesta. Tässä työssä käsiteltävä ladontalinjasto käsittää myös liimaviilujen teon, viilujenpinojen käsittelyn ja valmiiden viilupakettien siirron. Käsittelen tässä työssä viilujen ladontavaihetta yksittäisen viilun nostosta viilujen ladontaan. Viilujen ladontatyövaiheessa on koettu olevan optimoinnin varaa.

Neljä viilunostinta ja kaksi kuljetinta on käytössä samaan aikaan ja toisiaan risteävillä liikeradoilla, joten törmäysvaara on aina olemassa. Linjaa ohjaavan ohjelmoitavan logiikan eli PLC:n ohjelmaan ohjaukset on tehty niin sanotusti varman päälle, eikä toimivaa konseptia ole oikeastaan valmistumisen jälkeen muokattu. Kyseistä työvaihetta on vaikea optimoida PLC-ohjelman tekovaiheessa kuten myös käyttöönottovaiheessa, koska nostimien ja kuljettimien törmäys aiheuttaisi mittavan rahallisen kustannuksen ja myös linjan käyttöönoton myöhästymisen myötä vähintäänkin taloudellista menetystä. Myös pohja-, pinta- ja väliviilujen sijoituspaikan vaikutus nostimien ja kuljettimien tehokkaampaan toimintaan voi olla suurikin merkitys ja tätä on tarkoitus myös simuloida.

Työ on työnantajani Makron Automation Oy:n kehitysprojekti ja digitaalista kaksosta ei ole aikaisemmin yrityksessä tehty. Kyseessä on asiakkaamme valmistama ladontalinja, johon yrityksemme tekee sähkökeskukset, PLC-ohjelman, HMI-käyttöliittymän, sähköasennukset sekä käyttöönoton. Koska teen yrityksen ensimmäistä digitaalista kaksosta, on tarkoituksena luoda myös pohjaa digitaalisen kaksosen tekemisestä sekä ohjeistusta ohjelmistojen käytöstä. Tässä työssä syntyvää materiaalia yritetään hyödyntää mahdollisuuksien mukaan myös tulevissa projekteissa.

2 Digitaalinen kaksonen

Digitaalisen kaksonen on yksityiskohtainen ja tarkka virtuaalinen mallinnus koneen, laitteen tai prosessin fyysisestä vastineesta. Digitaalisen kaksonen avulla saadaan kerättyä dataa tuotteen, koneen tai tuotantolinjan toiminnasta ja testattua ohjelman ja mekaniikan yhteensopivuutta ja toimintaa. Tai esimerkiksi fyysisestä vastineesta voidaan anturoinnin avulla kerätä dataa, joka voidaan liittää digitaaliseen kaksoseen. Digitaalinen kaksonen auttaa insinöörejä ymmärtämään miten tuote käyttäytyy ja miten se tulee käyttäytymään tulevaisuudessa kokonaisen käyttöiän aikana. Virtuaalisen mallin myötä pitkä välimatka fyysiseen kappaleeseen ei enää ole esteenä sen testaamiseen tai esimerkiksi vikojen tai ongelmien diagnosoimiseen. (Armstrong, 2020)

Digitaalista kaksosta voidaan hyödyntää tuotekehityksessä, jossa on helppo kokeilla esimerkiksi anturin lisäystä tai mekaniikan muutosta tekemättä itse fyysiseen laitteeseen kalliita muutoksia tai jälkimarkkinoinnissa, kun myydään olemassa olevaan linjaan varaosia tai tuotepäivityksiä.

Virtuaaliympäristössä myös suunnittelupöydällä olevan tai jo valmistuneen laitteiston tai linjan tehokkuuden parantaminen ja tuotannon optimointi on helpompaa. Näin vältetään laitteiden rikkoutuminen sekä mahdollisesti turhaksi osoittautuneet fyysiset asennustyöt ja komponenttien hankintakustannukset.

2.1 Digitaalisen kaksonen alkujuuret

Digitaalisen kaksonen (Digital Twin) käsitteen loi Michiganin Yliopiston Tohtori Michael Grieves vuonna 2002 käsitellessään aihetta esityksessään tuotteiden elinkaaren hallinnasta. (Grieves, 2016)

Digitaalisen kaksonen alkujuuret voi jollain osin yhdistää myös vuoteen 1970, Nasan avaruuteen laukaisemalleen Apollo 13 kuuraketista tehdyille mallinnoille asti. Avaruudessa sijaitsevan kuuraketin, yksi happitankki oli räjähtänyt ja vaurioittanut päämoottoria. Ongelma ei ollut korjattavissa kolmen astronautin toimesta käsin vaan tähän avuksi otettiin Nasan viisitoista rakentamaa, toki tuona aikana, fyysistä simulaattoria, joilla he olivat

kouluttaneet astronautteja tositilanteita varten. Tässä tarinassa ei ole digitaalista kaksosta sen Michael Grievesin luomassa nykykäsitteessä, mutta astronauttien henkiinjäämiseksi ratkaisevaa oli, että hyvin samanlaista tilannetta oli simuloitu jo aikaisemman Apollo 10 kuulennon kohdalla, toki huonolla menestyksellä. Joten tämän seurauksena Nasa kehitti toimintatavan, joka mahdollisti astronauttien pelastumisen. (Ferguson, 2020)

2.2 Virtuaalinen käyttöönotto

Virtuaalinen käyttöönotto jaetaan karkeasti kahteen kategoriaan. Software In The Loop tarkoittaa sitä, että niin tuotantolaitteisto kuin sitä ohjaava PLC ovat virtuaalisia. Toinen kategoria on Hardware In The Loop, siinä taas käytetään virtuaalista tuotantolaitteistoa, mutta oikeata PLC-logiikkaa. Ensimmäisen etuja ovat pelkästään virtualisointiin pohjautuva käyttöönotto, joten koko käyttöönotto voi tapahtua esimerkiksi vain yhdellä tietokoneella. Jälkimmäisen hyöty on taas, että samalla päästään testaamaan jo laitteistoa ohjaava PLC ohjekomponentteineen. Näin voidaan jo virtuaalisessa käyttöönotossa varmistua ohjauspuolen varmasta toiminnasta tuotantovaiheessa oikean laitteiston kanssa. (Jackson, 2020)

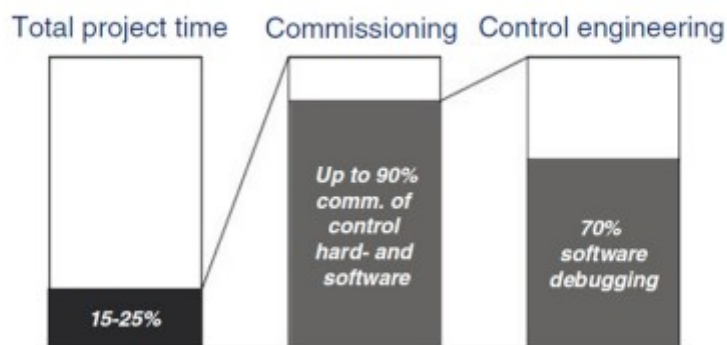
Suuri digitaalisen kaksosen hyödyistä on virtuaalisen käyttöönoton kehitys. Moni laitetoimittaja on suunnannut katseensa myös kehittyvään digitalisaatioon ja sen mahdollisuuksiin omassa liiketoiminnassa. Virtuaalinen käyttöönotto yleistyy varmasti tulevaisuudessa, koska sillä usein voidaan säästää aikaa ja resursseja itse paikan päällä tapahtuvasta käyttöönotosta. Laitteiston sähkö-, mekaniikka- ja automaatio suunnittelu voidaan koe ponnistaa jo ennen kuin edes itse laitteisto tai linja on rakennettu. Laitetta tai linjaa päästään myös testaamaan tuotantovaiheessa jo ennen kuin se on fyysisesti valmis tai sitä on edes aloitettu rakentamaan. Jo laitteen tai linjan koko voi vaikuttaa siihen, että sitä ei päästä koekäyttämään kokonaisuena ennen toimitusta ja tämä lisää fyysiseen käyttöönottoon liittyviä riskejä.

Parhaassa tapauksessa virtuaalisesti tehdyllä käyttöönotolla säästetään myös kustannuksissa. Virtuaalisen käyttöönoton aikana mekaanisten virheiden ja PLC-

ohjelmavirheiden etsintä ja korjaus on helpompi toteuttaa, koska laitteistoa voi käyttää käytännössä rajattomasti ilman mitään mekaniikkaan liittyviä riskejä. Myös koekäyttövaiheen ohjelmavirheiden tai suunnitteluvirheiden aiheuttamilta mahdollisilta henkilövahingoilta vältytään.

PLC-ohjelma on nykyisin vastuussa suurimmasta osasta tuotantovälineiden toiminnallisuuksista. Esineiden internet ja muut tulevaisuudessa lisääntyvät tekniikat tekevät ohjelmista vielä nykyistäkin monimutkaisempia ja lisäävät vain työmäärää itse käyttöönotossa. PLC-ohjelmien kokonaisuuden testaus jää usein käyttöönotto vaiheeseen, jossa itse tuotantovälineistö on jo käyttöönottajien käytettävissä. Käyttöönotto voi viedä kokonaisen projektin aikataulusta jopa 25 prosenttia ja käyttöönottoon varatusta ajasta suurin osa saattaa kulua PLC-ohjelman virheiden etsimiseen ja korjaamiseen. (Schamp, 2018)

Kuva 1. Käyttöönoton osuus projektinaikataulusta (Schamp, 2018)



Itse virtuaalisen käyttöönoton tekemistä voidaan lähestyä kahdesta eri suunnasta eli käyttöönotto ja testaus manuaalisesti tai käyttöönotto ja testaus 3D-mallin kanssa. Manuaalisessa virtuaalikäyttöönotossa PLC-ohjelmaa testataan esimerkiksi ohjelmointityökalun omassa simulaattorissa. Tämä tapahtuu usein siten, että tulomuuttujia manipuloidaan ja ohjelmakoodista itsestään tarkkaillaan ohjelman toimintaa. Tämä tapa vaatii käyttöönottajalta hyvin kattavaa tietoa niin ohjelman toiminnoista kuin itse tuotantolaitteiston toiminnasta. Ohjelmakoodin testauksen kattavuus riippuu usein ohjelman monimutkaisuudesta. Digitaalisen kaksosen kanssa virtuaalinen käyttöönotto vaatii käyttöönottajalta vähemmän tietoa tai osaamista PLC-ohjelman ja tuotantolaitteiston toiminnasta. Käyttöönottaja voi tarkastella laitteiston toimintaa visuaalisesti 3D-malliin liitetyn kinematiikan avulla. Visuaalisen aspektin mukaantulo myös usein parantaa käyttöönottajan kykyä löytää virheitä tai ongelmakohtia PLC-ohjelmasta. (Schamp, 2018)

3 Vanerin valmistus

Vaneri valmistetaan ohuita puuviiluja liimaamalla. Valmiiseen vaneriin tarvitsee vähintään kolme viilua. Viilujen paksuus on pääosin väliltä 0,3–3,2 millimetriä ja valmiin vanerin paksuus 4–50 millimetrin välillä.

Vaneriin ladotaan vähintään pohjaviilu, liimaviilu ja pintaviilu, mutta usein myös väliviiluja edellä mainittujen lisäksi. Pohja- ja pintaviilu tulevat valmiin vaneriaihion alle ja päälle. Liimaviilut tulevat jokaisen kuivan viilun väliin, jotta vanerin voi liimata valmiiksi levyksi. Liimana käytetään yleensä fenolihartsiliimaa. Väliviiluja käytetään liimaviilujen välissä, kun rakenne koostuu useammasta kuin kolmesta viilusta.

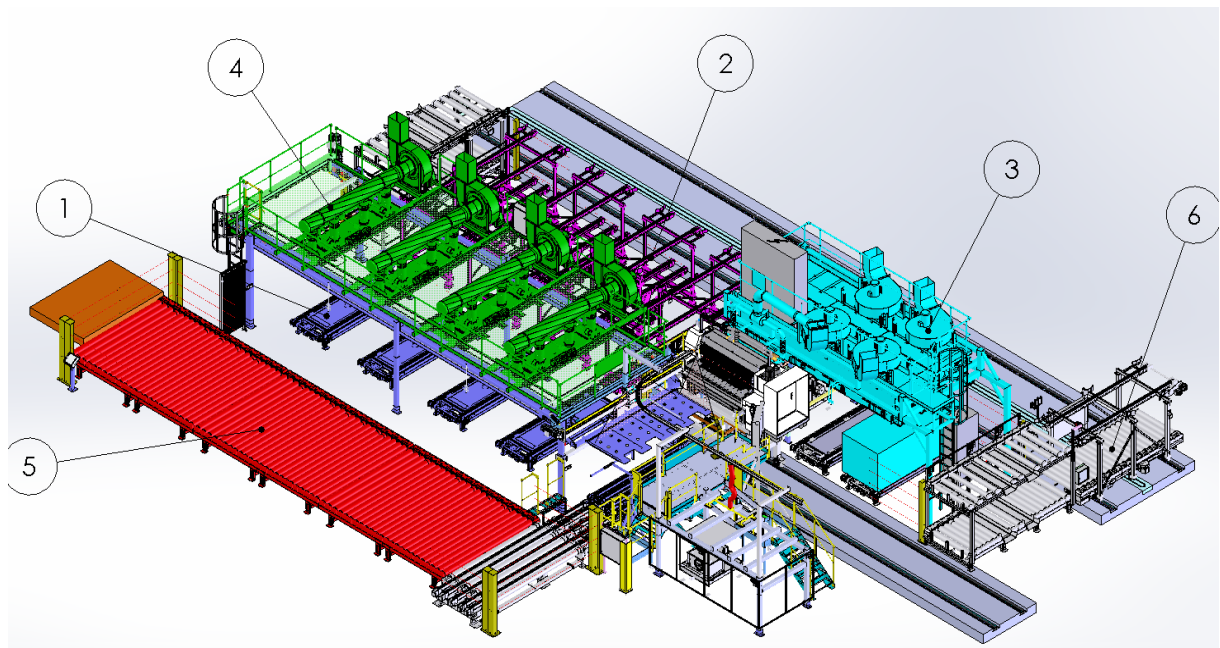
Ladontalinja nimensä mukaisesti lataa puuviiluja vanerin valmistusta varten. Tässä tapauksessa ladontalinja hoitaa eri viilutyyppeiden tuonnin operaattorille, joka silmämääräisesti katsoo viilujen laadun ja lähettää valmiin viilupaketin eteenpäin valmistuksessa.

Kuvassa 2. on esitetty koko ladontalinjan pohjakuva. Osio neljä eli vihreällä merkittynä on viilujen imunostimet, jotka nostavat viilun viilupinkasta kuljettimelle. Nostimen imu tuotetaan nostimen päällä olevalla puhaltimella ja imua säädetään venttiilillä.

Osio yksi eli violetti osio käsittää viilupinkkojen saksinostimet, jotka nostavat viilupinkat imunostimille ja säätävät automaattisesti korkeuden oikeaksi sekä kaksi kuljetinta, joiden tehtävä on siirtää viilut ladontapaikalle.

Osio kolme vaaleansinisellä on liimaviilun valmistusta ja kuljetusta varten. Prosessi käsittelee viilun liimalla ja syöttää liimaviilun ladontapaikan operaattorille reseptin mukaisessa järjestyksessä.

Kuva 2. Kokonaisen linjaston pohjapiirustus (Plytec, 2018)



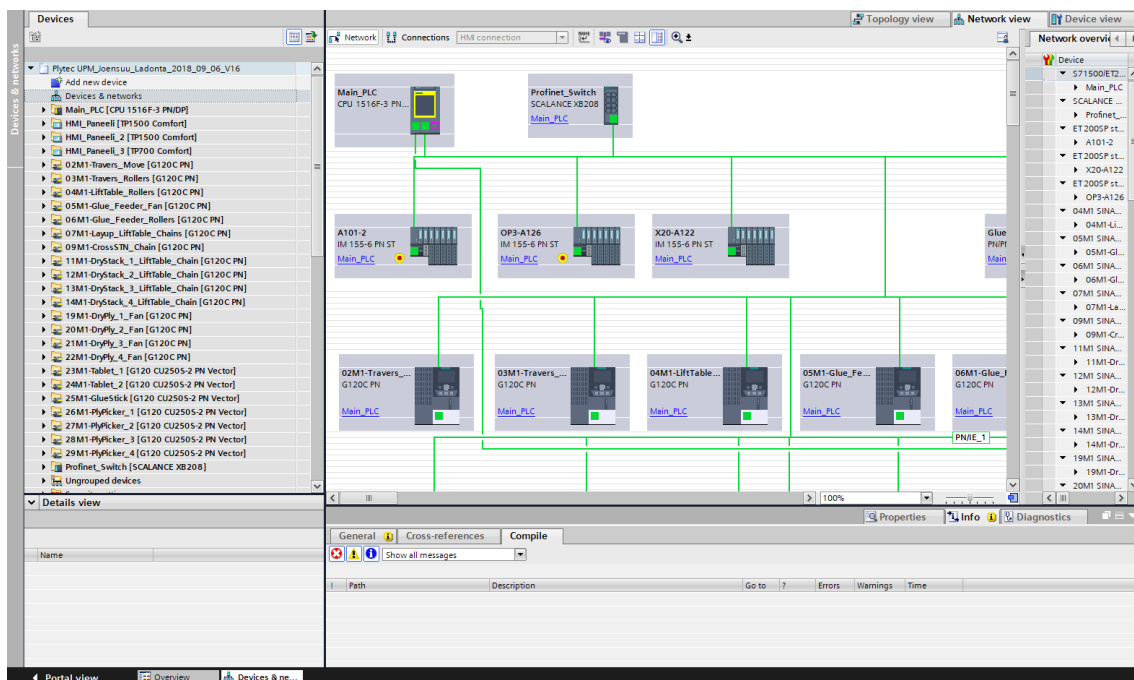
4 Digitaalisessa kaksoessa käytettävät ohjelmistot

Käsitteenä digitaalinen kaksoinen on hyvin laaja ja tapoja toteuttaa digitaalinen kaksoinen on monia. Nykyisin moni valmistaja tarjoaa tähän ohjelmistoja. Kappaleessa esitellään Siemensin ohjelmistoratkaisut, joita digitaalisen kaksoisen tekemiseen tuotantolinjasta tai laitteesta tarvitaan eli PLC-ohjelman teosta aina 3D-mallin simulointiin.

4.1 TIA Portal V16

Totally Integrated Automation Portal eli TIA Portal on Siemensin automaatio-suunnitteluohjelma. TIA Portal-ohjelmisto on kehittynyt ensimmäisestä versio 11:sta aina tuoreimpaan TIA Portal versioon eli versio 16:sta asti. TIA Portal ohjelmalla tehdään ladontalinjan PLC-koodi ja käyttöliittymä. TIA Portal-ohjelmisto käsittää useamman ennen erikseen saatavilla olleen ohjelman. STEP 7, jolla tehdään nimenomaan kontrollerin eli PLC:n koodi. WinCC, jolla tehdään ohjattavalle laitteistolle käyttöliittymä, esimerkiksi HMI-paneeli. SINAMICS Startdrivella taas saadaan integroitua SINAMICS-taajuusmuuttajat helposti osaksi ohjelmaa. Alla olevassa kuvassa 3. TIA Portalin laitteistokanta (hardware configuration) näkymä. (Siemens, n.d.)

Kuva 3. TIA Portal-ohjelmiston näkymä



4.2 SIMIT V10.2

SIMIT on Siemensin kehittämä simulointityökalu, jolla voidaan simuloida prosessit, turvalaitteet, toimilaitteet ja Profinet-kommunikointi. SIMIT-ohjelmistolla voi itsessään jo simuloida, analysoida ja testata prosessin ja laitteen toimintaa tai liittää se muuhun simulointityökaluun. Ohjelmiston uusin versio on tällä hetkellä versio 10.2

SIMIT-ohjelma toimii TIA Portal ja Mechatronics Concept Designer-ohjelmiston välillä yhdistäen PLC-koodin I/O-rajapinnan ja laitekannan NX MCD:llä tehtyyn 3D-simulaatiomalliin. SIMIT:llä simuloidaan taajuusmuuttajat ja turvalaitteet. Alla olevassa kuvassa 4. SIMIT-ohjelmiston yleisnäkyvä, joka myötäilee vahvasti TIA Portalin tyyliä. Simulointimallin luonti SIMIT-ohjelmalla käydään tarkemmin läpi myöhemmin. (Siemens, n.d.)

Kuva 4. SIMIT-ohjelmiston näkymä



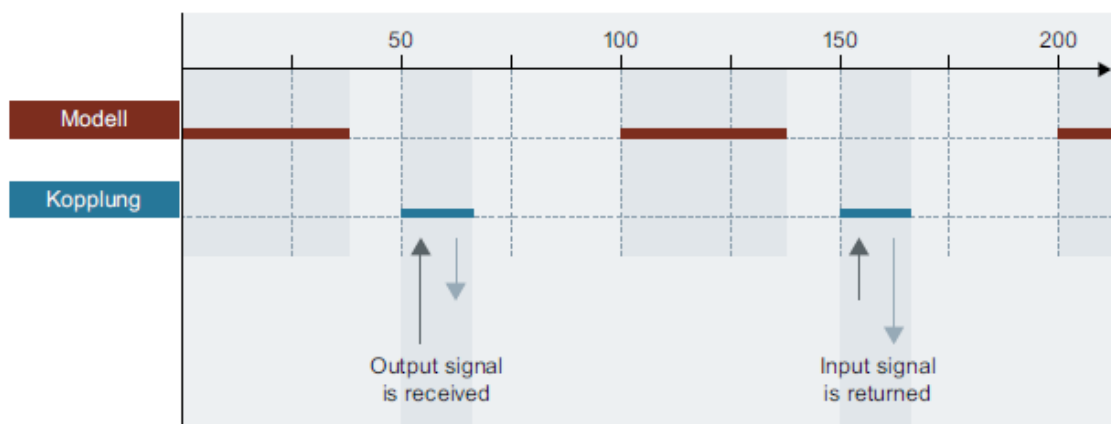
Joka SIMIT-projektiin tarvitsee määrittellä pari perusasetusta, kommunikointitapa ja suoritusyksi. Simuloinnin eri osat voi jakaa kahdeksaan eri suoritusyksi ikkunaan (time slice). Oletuksena SIMIT-ohjelma käyttää jokaisen simulaatiomallin ja liittynän kohdalla time slice kahta. Kun uusi projekti on luotu, määritetään samalla parametrit ohjelmien keskinäiseen kommunikointiin (operating mode). Valittavana on kolme tapaa toteuttaa kommunikointi.

Kuva 5. SIMIT times & operating modes-ikkuna

Property	Value
Time slice 1 [ms]	50
Time slice 2 [ms]	100
Time slice 3 [ms]	150
Time slice 4 [ms]	200
Time slice 5 [ms]	250
Time slice 6 [ms]	300
Time slice 7 [ms]	350
Time slice 8 [ms]	400
Operating mode	Synchronous <input type="button" value="v"/>

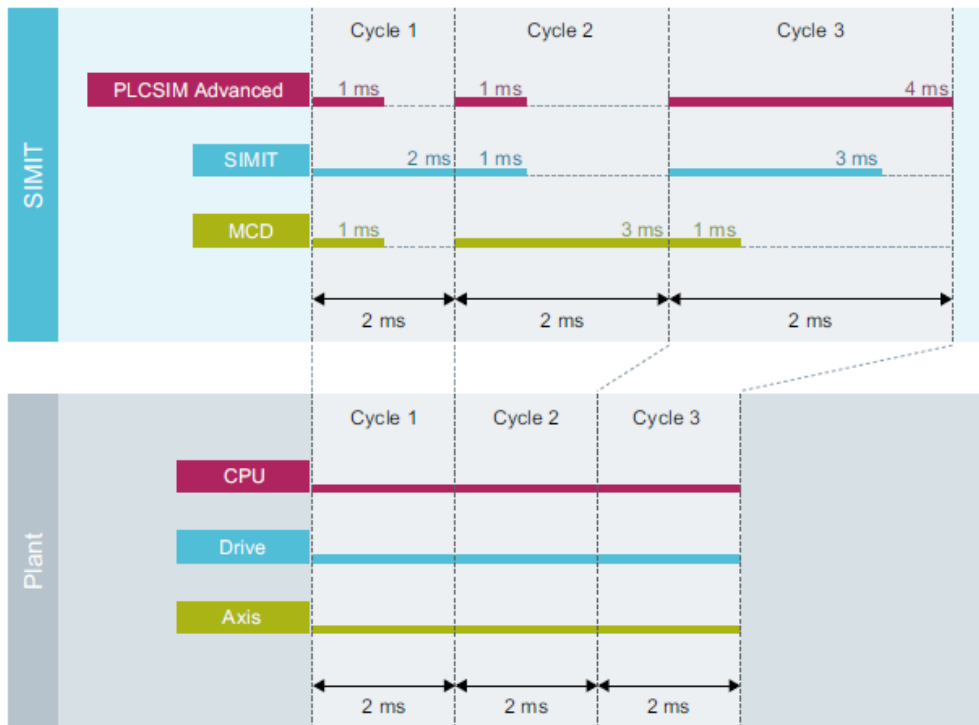
Asynchronous-kommunikoinnissa simulaatiomalli ja liittynät lasketaan ja päivitetään määritetyn aikasyklin välein. Jos simulointimallin osa-alueiden laskenta ei valmistu annetun aikasyklin puitteissa, simulaatiomalli ei päivity. Simulaatiomalli päivittyy vasta kun kaikki time slice-alueet ovat mahdollista laskea annetussa ajassa. Jos taas liittyntää ei kyetä laskemaan aikasyklin puitteissa, SIMIT-ohjelma laskee kuitenkin muiden time slice-alueiden liittynät ja simulaationmallit, joten yksittäinen kommunikaatio-ongelma liittynöissä ei pysäytä koko laskentaprosessia.

Kuva 6. Asynchronous-päivityssykli (Siemens, 2020)



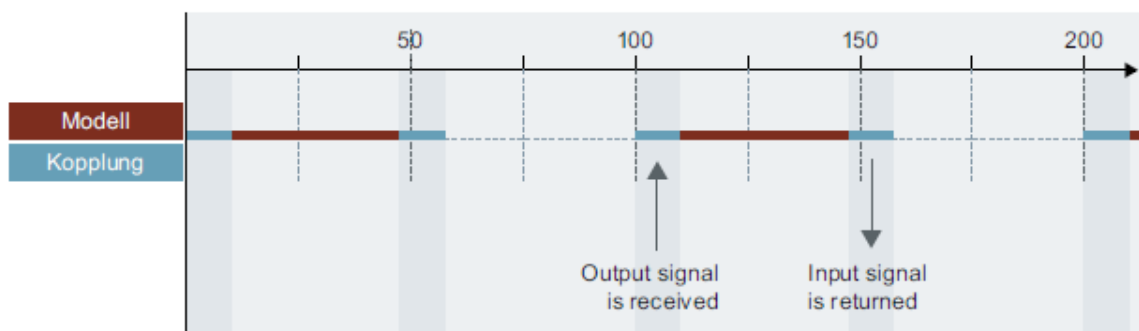
Bus synchronous-kommunikoinnissa ohjelmat ja muuttujat päivitetään väyläsyklin mukaisesti. Kommunikointi vaatii, kenttä laitteet tukevat IRT-kommunikointia (isochronous real time).

Kuva 7. Bus synchronous-päivityssykli



Synchronous-kommunikointi, jossa ohjelmat ja muuttujat päivitetään tietyllä sekvenssillä ja seuraava sekvenssi ei ala ennen kuin edellinen on valmis. (Siemens, 2020)

Kuva 8. Synchronous-päivityssykli (Siemens, 2020)



4.3 NX Mechatronics Concept Designer

NX MCD on Siemens PLM:än kehittämä 3D-suunnittelutyökalu, jolla voi tehdä niin mekaniikkasuunnittelua kuin 3D-mallinnosta. MCD-ohjelmistoon tuodaan Solidworks-ohjelmistolla tehty linjan 3D-malli ja ohjelmistolla luodaan 3D-malliin kinematiikka, liikeradat ja simuloidaan anturointia. Virtuaaliajolla voidaan tehdä linjan optimointia, havaita virheitä tai ongelmia sekä suorittaa törmäystarkastelua. Mechatronics Concept Designer-ohjelmiston ja PLC-koodin avulla laitteesta tai linjasta voidaan luoda digitaalinen kaksonen. (Siemens, n.d.)

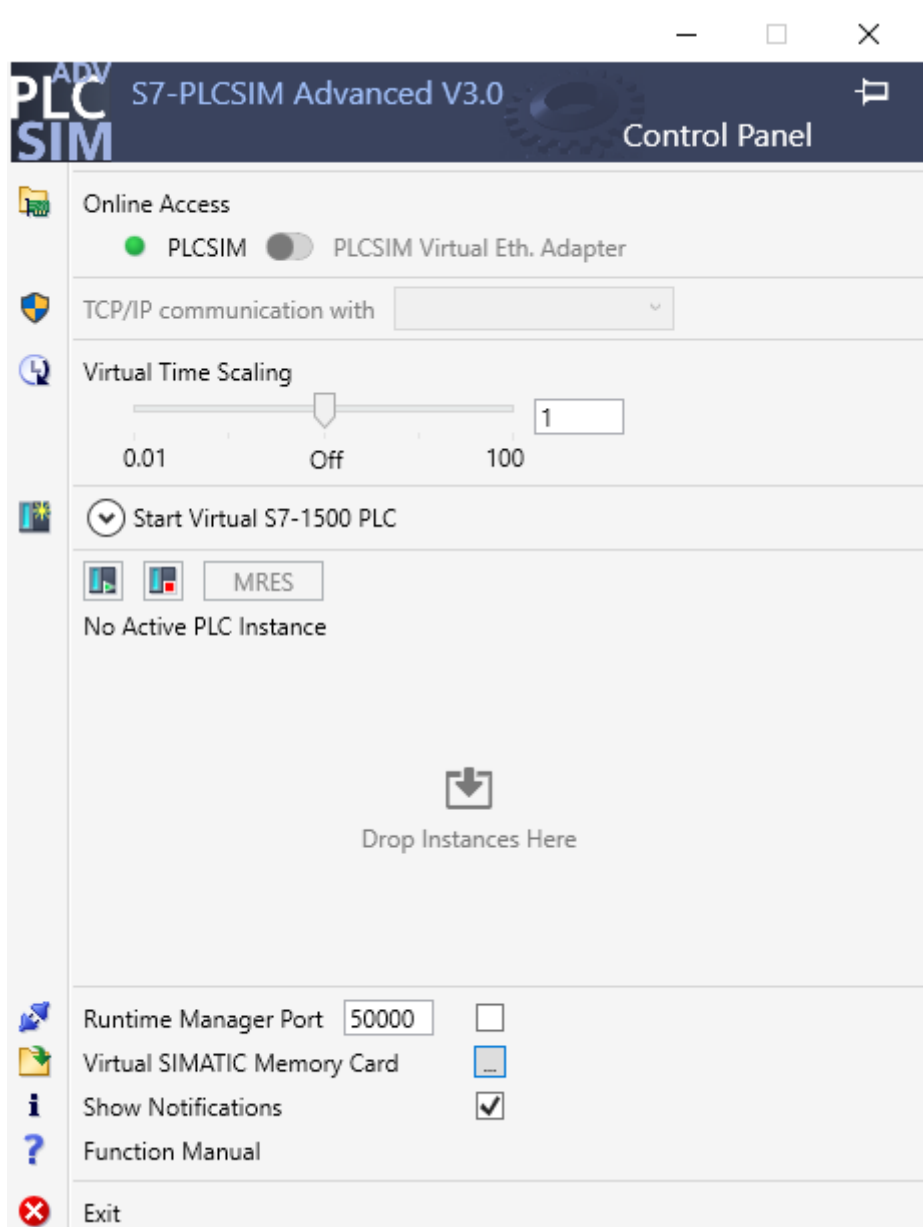
NX MCD:n uusin versio on 1953, mutta tämä versio ei tue vielä SIMIT-kommunikointia. Tuorein ohjelmistoversio, joka tukee SIMIT-kommunikointia tällä hetkellä, on versio 1926.

4.4 PLCSIM Advanced V3.0

PLCSIM Advanced V3.0-ohjelmistolla simuloidaan Siemensin S7-1500-sarjan logiikat. Virtuaalisen logiikan sijasta digitaalisen kaksosen kanssa on myös mahdollista käyttää oikeaa, fyysistä logiikkaa.

PLCSIM Advanced toimii kuten oikeakin logiikka, sen virtuaaliselle muistille voidaan ladata laitteistokannan ja ohjelma. PLCSIM Advanced-ohjelmalla voidaan myös simuloida useampia logiikoita samanaikaisesti.

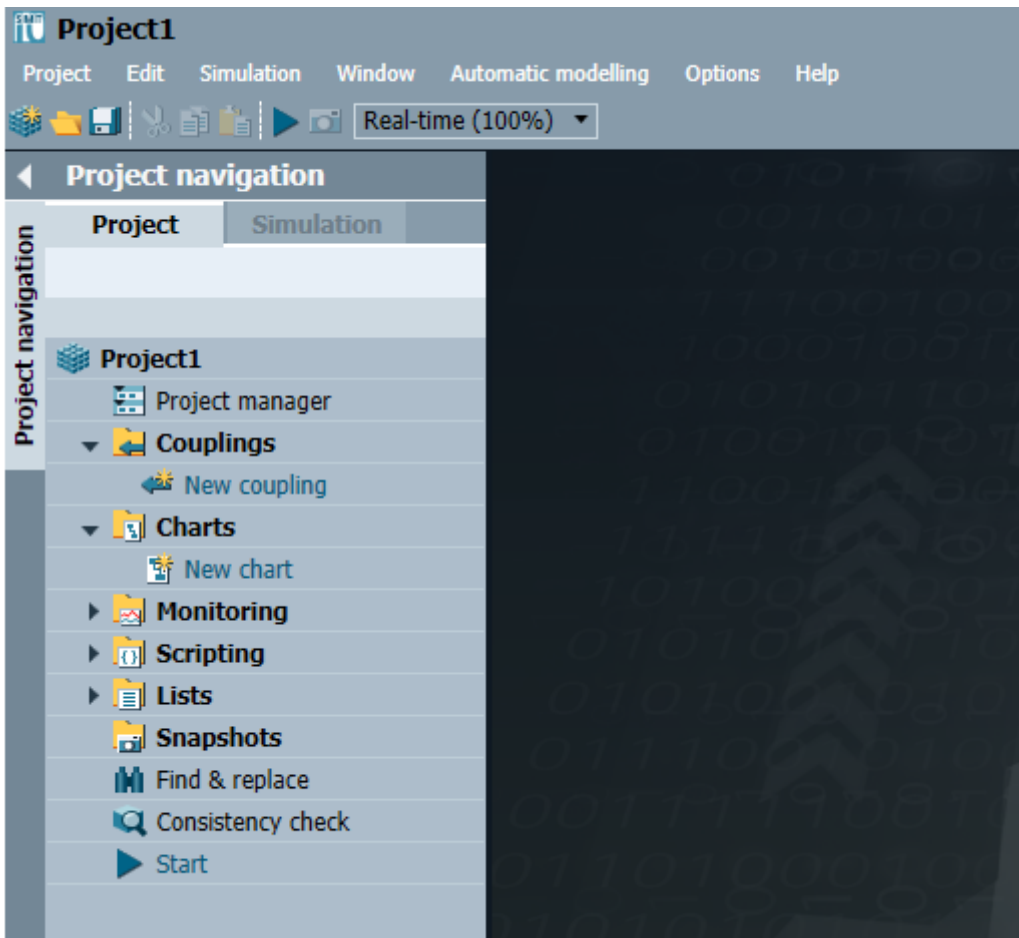
Kuva 9. PLCSIM Advanced-ohjelmiston näkymä



5 Simulointimallin rakentaminen SIMIT-ohjelmistolla

SIMIT-ohjelmalla luodaan simulointimallit kenttälaitteille kuten servoille, turvalaitteille ja taajuusmuuttajille. Tätä työtä varten luodaan kokonaan uusi ja tyhjä SIMIT-projekti, johon lisätään ladontalinjan simulointia varten tarvittavat komponentit. Kuvassa 10. ohjelman yleisnäkyvä, joka on hyvin samankaltainen Tia Portal-ohjelmiston kanssa.

Kuva 10. SIMIT-ohjelman projektipuunäkymä



5.1 Perusasetukset

Perusasetuksista tärkeimmät ovat aikaisemmin läpi käytyt Operating mode & Time slice asetukset. Tässä projektissa toimivaksi päivityssykliksi on ennalta arvoitu noin 10 millisekuntia. Kommunikointitapa on asetettava asynkroniseksi, koska projektiin valitut kenttälaitteet eivät tue IRT-kommunikointia (isochronous real time), joka mahdollistaa väyläsyklin mukaisen kommunikoinnin.

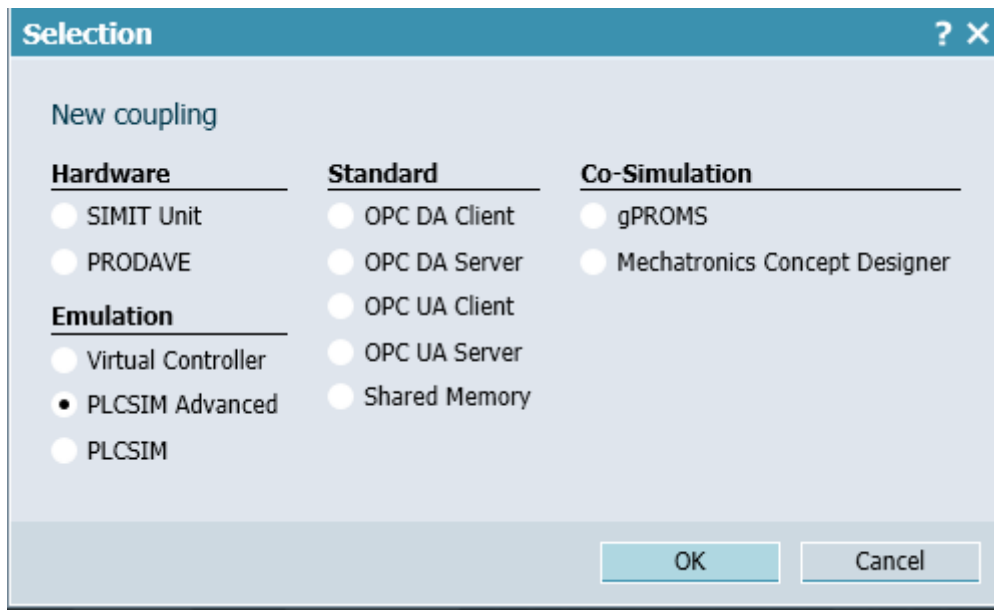
Kuva 11. Projektikohtaiset SIMIT-asetukset

General	Property	Value
Times & operating modes	Time slice 1 [ms]	50
Backtracking	Time slice 2 [ms]	10
Engineering	Time slice 3 [ms]	150
	Time slice 4 [ms]	200
	Time slice 5 [ms]	250
	Time slice 6 [ms]	300
	Time slice 7 [ms]	350
	Time slice 8 [ms]	400
	Operating mode	Asynchronous

5.2 Liitynnät

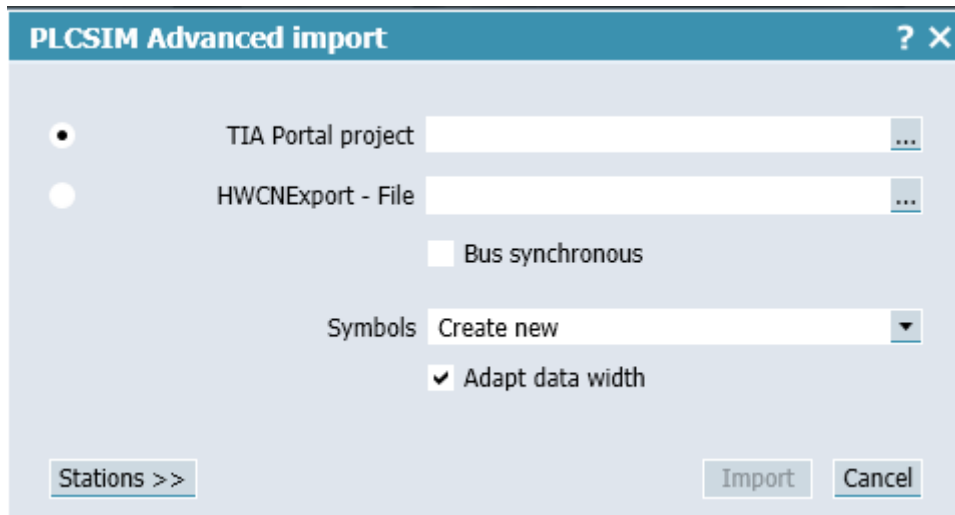
Liitynnät tehdään Coupling-toiminnolla. Siemensin 1500-sarjan logiikka simuloidaan PLCSIM Advanced V3.0 ohjelmalla, joten seuraavaksi lisäämme PLCSIM Advanced-liitynnän SIMIT-ohjelmaan, liitännöitä voi olla maksimissaan 16 kappaletta yhdessä projektissa. Liitäntä tuo TIA Portalista PLC-ohjelman laitekannan ja I/O-rajapinnan, jotta SIMIT-ohjelman simulointimalli kykenee kommunikoimaan PLC-ohjelman kanssa. (kuva 12.). (Siemens, 2020)

Kuva 12. PLCSIM Advanced liityntäikkuna



PLCSIM Advanced liitää tuodaan suoraan valmis ladontalinjan TIA Portal-projekti. Jos TIA Portal ei ole käytössä niin voidaan käyttää HWCNExport-työkalua, jolla voi liityntärajoituksen tuoda myös .XML-tiedostona SIMIT-projektiin (kuva 13.).

Kuva 13. PLCSIM Advanced liityntäikkuna



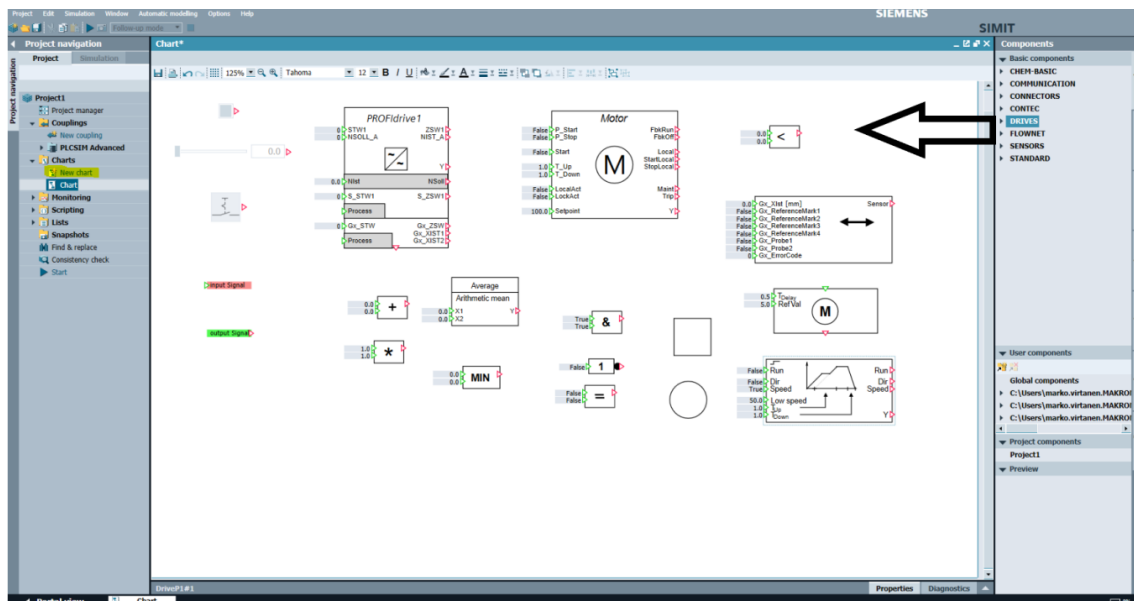
5.3 Ohjelmat

Simulointimallit tehdään Chart-toiminnolla. Kaavioita on hyvä tehdä riittävästi, esimerkiksi moottorikäyttöille jokaiselle omansa ja nimetä ne asianmukaisesti, että ne ovat tarpeeksi selkeitä ja helposti löydettävissä.

SIMIT-ohjelmasta löytyy kattavasti erilaisia valmiita komponentteja. Profidrive-taajuusmuuttajista, antureista, matemaattisista laskutoimituksista aina erilaisiin vapaalla kädellä piirrettäviin grafiikoihin. Ja erilaisia kirjastoja on mahdollista ladata lisää.

Simulointiobjektit ja signaalit lisätään editorin työpöydälle drag & drop periaatteella eli raahaamalla ne sivusta työpöydälle.

Kuva 14. SIMIT-ohjelman valmiita komponentteja



5.3.1 Taajuusmuuttajakäytöt

Ladontalinjan toiminnassa pääosassa ovat moottorikäytöt. Tässä projektissa käytetään Siemensin omaa G120-sarjan taajuusmuuttajaa ja CU250S-2 ohjausyksikköä. Ohjauksissa on käytössä Telegram 352 ja 3 toiminnallisuudet ja Safety Telegram 30, jota ei tässä työssä ole tarpeen simuloida, joten se on jätetty pois. Alla esitetty telegrammien 1–3 sisältö (kuva 15.).

Telegram 352 sijaan tässä työssä käytetään Telegram 1:stä, koska simulointia varten se on aivan riittävä.

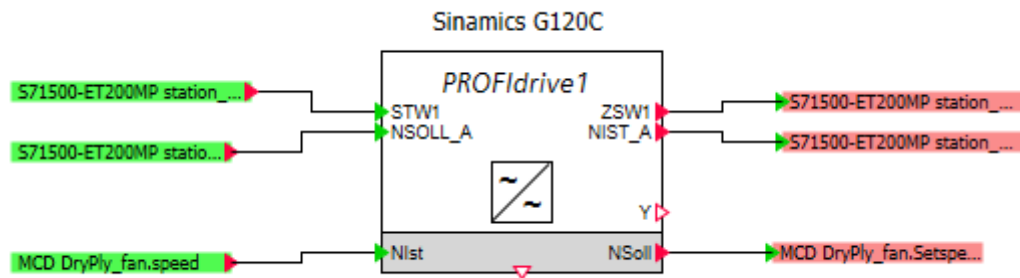
Kuva 15. Sinamics-taajuusmuuttajien telegrammit 1–3. (Siemens, 2020)

	PZD 1	PZD 2	PZD 3	PZD 4	PZD 5	PZD 6	PZD 7	PZD 8	PZD 9
TEL_1 Nominal	STW 1	NSOLL_A							
TEL_1 Actual	ZSW 1	NIST_A							
TEL_2 Nominal	STW 1	NSOLL_B		STW 2					
TEL_2 Actual	ZSW 1	NIST_B		ZSW 2					
TEL_3 Nominal	STW 1	NSOLL_B		STW 2	G1_STW				
TEL_3 Actual	ZSW 1	NIST_B		ZSW 2	G1_ZSW	G1_XIST 1		G1_XIST 2	

PZD-lyhenne tarkoittaa prosessidata-aluetta, johon on standardoitu ennalta määritetyt ohjaus- ja oloarvotiedot. Telegram 3 sisältää myös enkooderille tarvittavat ohjaus- ja oloarvosanat, joita tarvitaan paikkaohjatussa käytössä. Telegrammien sisältämiä lyhenteitä on tarkemmin avattu työn alussa olevassa sanastossa.

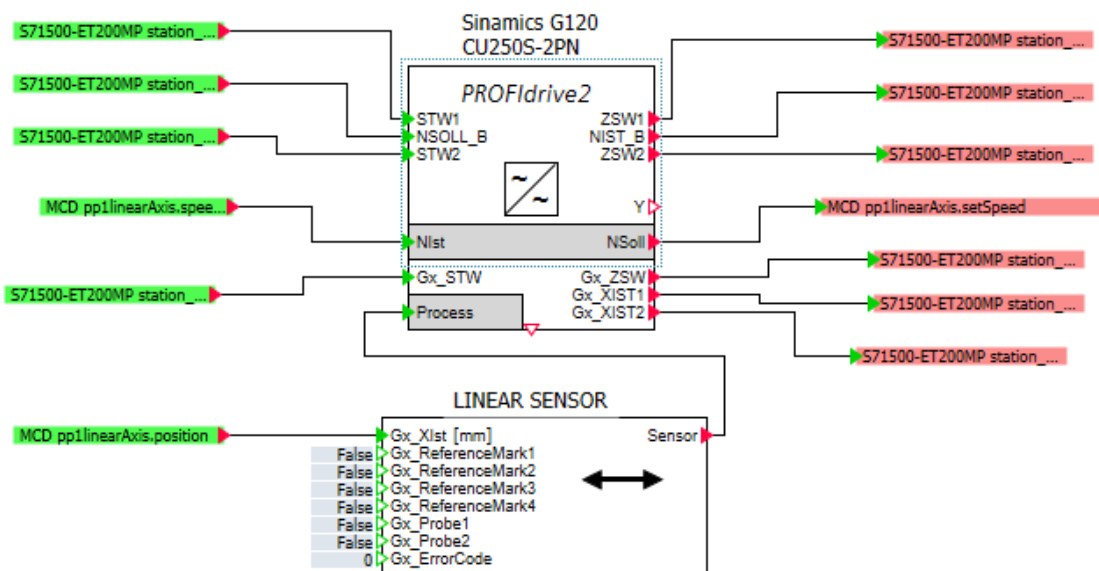
Viilujen nostossa käytettävien puhaltimien simulointiin käytämme valmista Profidrive1 lohkoa, joka itsessään sisältää Telegram 1 toiminnallisuudet (kuva 16.). Lohkolle tarvitsee ainoastaan tuoda ohjaus- ja oloarvosanat ja MCD:ltä nopeusohje- ja nopeustieto.

Kuva 16. Profidrive1-lohko SIMIT-ohjelmassa



Lineaariakseliohjatuille viilujen nosto ja kuljetuskelkoille, sekä liimatikulle simulointipiiri on muodostettu valmiista Profidrive2 lohkoista, anturitietoa käsittelevästä (sensor) lohkoista, jotka muodostavat yhdessä Telegram3 toiminnallisuudet sekä lineaari-enkooderia (linear sensor) simuloivasta anturilohkosta (kuva 17.). Simulointipiiri sisältää jo hiukan enemmän signaaleja TIA Portalista ja MCD:stä.

Kuva 17. Valmis simulointipiiri

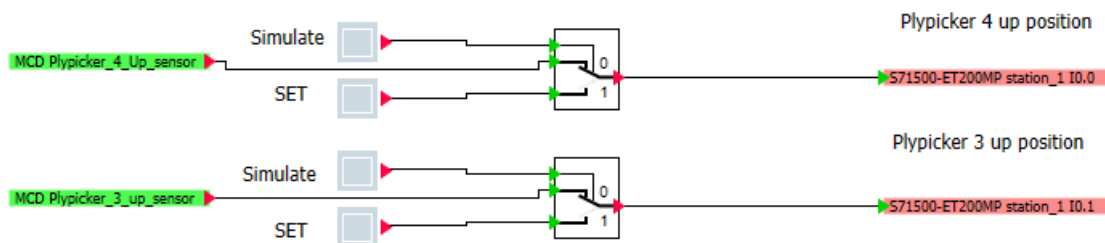


5.3.2 I/O-rajapinta

Logiikan tuloja ja lähtöjä varten tehtiin SIMIT:ssä yksinkertainen vaihtokytkin TIA Portalin ja MCD:n välille. Vaihtokytkimeen yhdistetään kummastakin ohjelmasta tarvittava tulo tai lähtö ja kaksi painiketta simulointia varten.

Kuvassa 18. on esimerkkinä viulun-nostokelkan yläraja-anturin tieto. Vasemmalle puolelle vaihtokytkimen tuloon kytketään 3D-mallinnokseen tehty anturi ja oikealle puolelle vaihtokytkimen lähtöön kytketään PLC-ohjelmasta antura vastaava tulo. Simulaatiota varten on kaksi painonappia, joista Simulate-nappi kääntää vaihtokytkimen tilaa ja Set-nappi vaihtaa tilan nollan ja yhden välillä.

Kuva 18. I/O-rajapinnan simulointimalli

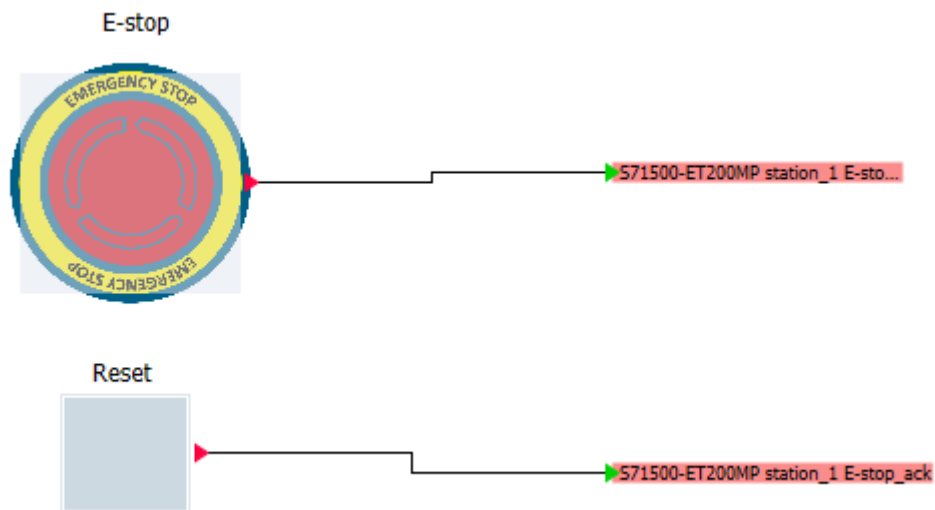


5.3.3 Turvapiiri

PLC-koodista on turvatoimintoja hieman riisuttu tai ohitettu. Turvaosio ei tässä simuloinnissa ole olennainen asia ja toisaalta turvapuolen niin kuin muidenkin toiminnallisuuden lisääminen toimivaan simulointimalliin on kohtuullisen yksinkertaista.

Alla esimerkki hätäseispiiristä yksinkertaisimmillaan. Hätäseispiiri sisältää hätäseispainikkeen ja kuittauspainikkeen ja niihin yhdistetty PLC-ohjelman vastaavat tulosignaalit.

Kuva 19. Hätäseispainike ja kuittauspainike

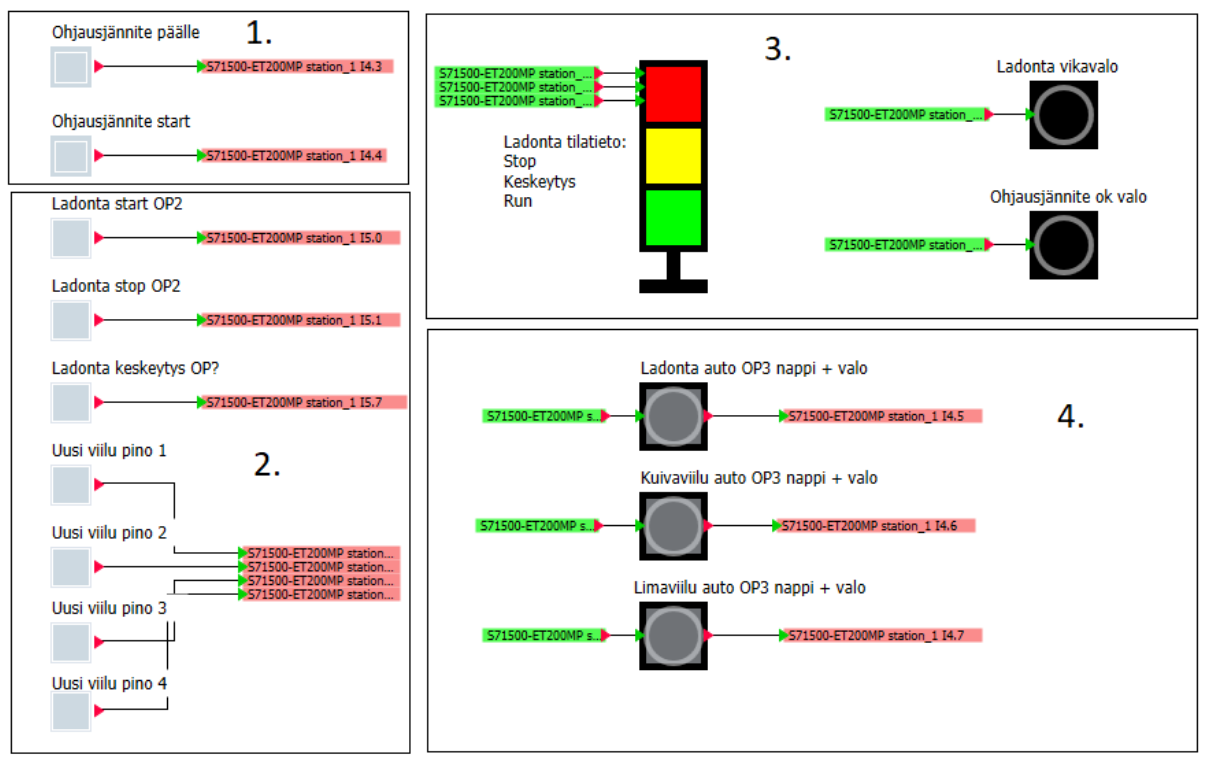


5.3.4 Käyttöpaikan simulointi

Koko linjasto sisältää 7 ohjauspaikkaa (OP). Kussakin ohjauspaikassa on eri toimintoja ja osassa ohjaustoiminnot ovat vain tiettyä linjaston osaa varten. Kaksi ohjauspaikoista sisältää HMI-paneelin, jonka voimme virtuaalisen käyttöönoton aikana simuloida normaalisti TIA Portal-ohjelmistolla. Ohjauspaikoissa on kuitenkin myös fyysisiä kytkimiä sekä painikkeita, joita linjan käyttäminen vaatii, joten ne tarvitsevat simuloinnin SIMIT-ohjelmalla.

Alla olevassa kuvassa 20. on SIMIT-ohjelmaan tehty kaikki tarpeelliset toiminnot linjan käyttöä varten. Kuvassa vasemmalla simuloituna sulkeutuvat painonapit, ohjausjännitteelle eli ryhmälle yksi palautumaton ja ryhmälle kaksi palautuva painonappi. Ryhmä kolme sisältää lähinnä käyttöä helpottavia indikaattoreita. Keskellä valomajakka, joka indikoi ladonnan tilatietoa. Oikeassa reunassa lisäksi ladonnan vikatiedolle sekä ohjausjännitteen tilatiedolle indikaattori. Ryhmä neljä sisältää automaattiajolle ohjauspainikkeet sekä samassa on myös automaattiajon päällä oloa indikoiva valo.

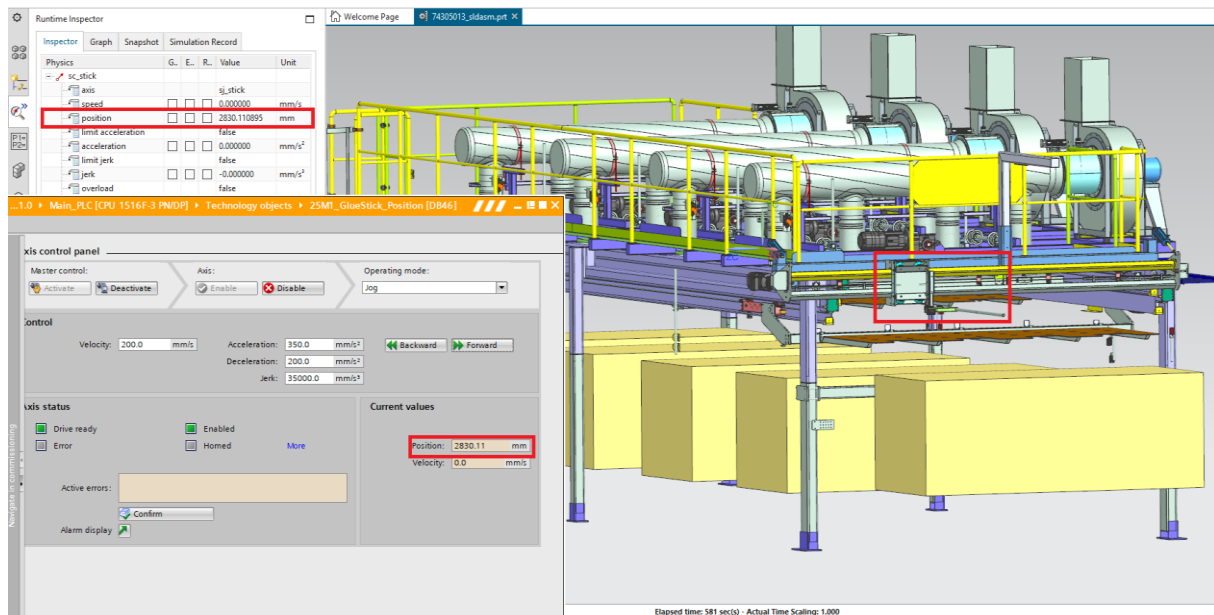
Kuva 20. Käyttöpainikkeet ja indikaattorit



5.4 Simulointipiirien testaus

Sain tehtyä tarpeelliset ladontalinjan simulointipiirit 3D-mallin simulointia varten. Pääsin vielä testaamaan tekemäni piirit 3D-mallinnokseen Siemensin NX MCD-ohjelmistolla tekemäni kinematiikan kanssa ja totesin ne toimivaksi. Testauksessa käytin TIA Portalin ohjelmiston omaa teknologiaobjekti työkalua. Kuvassa 21. on kuvakaappaus liimatikun testaustilanteesta. Liimatikku ottaa siis vastaan liimaviilun liima-asemalta ja tuo liimaviilun ladontapaikalle. 3D-malliin on merkitty testattava osa eli tässä tapauksessa poikittain horisontaalisesti akselilla liikkuva liimatikku. Kuvassa on myös TIA Portalin teknologiaobjekti työkalun sekä NX MCD:n Runtime Inspector-työkalun ikkunat. Ikkunoista on korostettu esimerkkinä paikkatieto (position) muuttuja, joka nyt SIMIT-simulointipiirin ansiosta päivittyy PLC-ohjelmaan, kun 3D-malliin luotua sähkökäyttöä ajetaan TIA Portalin teknologiaobjekti-ikkunasta.

Kuva 21. Tiivistetty simulointinäkömä, NX MCD & TIA Portal



6 Yhteenveto

Opinnäytetyöni onnistui odotusten mukaisesti. Työn laajuutta jouduttiin vähän karsimaan ja 3D-mallintamisen osuus ei mahtunut työhön aikataulusyistä. Tuki ohjelmien käyttämiselle jouduttiin hankkimaan yrityksen ulkopuolelta ja se hidasti tekemistä hyvin paljon. Se myös toki laajensi omaa osaamista, koska suuren osan ajasta jouduin itse tutkimaan ja testailemaan miten ohjelmat toimivat.

Seuraava askel digitaalisen kaksosen loppuunsaattamisessa on tehdä 3D-mallinnukseen kaikki tarpeelliset anturit ja viimeistellä kinematiikka., jotta pääsen testaamaan koko linjan toiminnan niin kuin se fyysiselläkin laitteistolla testattaisiin eli ohjaamalla linjaa HMI-paneelista ja luomastani simuloidusta linjan käyttöpaikasta.

SIMIT-osuuden kehityskohteeksi jää vielä ohjelman työtä helpottavien toiminnallisuuksien käyttäminen. Nyt simulointipiirit on tehty täysin käsin, kun SIMIT-ohjelma sisältää esimerkiksi Macro- ja Template-työkalut, joilla voi vakioida paljon käytettäviä piirejä.

Lähteet

- Armstrong, M. M. (2020). *Cheat sheet: What is Digital Twin?* Haettu 12. helmikuuta 2021 osoitteesta *Cheat sheet: What is Digital Twin?*: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-cheat-sheet-digital-twin/>
- Ferguson, S. (2020). *Apollo 13: The First Digital Twin*. Haettu 27. joulukuuta 2021 osoitteesta <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/apollo-13-the-first-digital-twin/>
- Grieves, M. (2016). *Researchagate*. Haettu 29. joulukuuta 2020 osoitteesta *Researchagate*: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept
- Jackson, C. (2020). *HYBRID DIGITAL TWIN FOR VIRTUAL COMMISSIONING*. Haettu 24. helmikuuta 2021 osoitteesta <https://virtualcommissioning.com/hybrid-digital-twin-for-virtual-commissioning/>
- Plytec. (2018). *Ladontalinjan pohja*. Plytec Oy, Lahti.
- Schamp, M. (2018). *Impact of a virtual twin on commissioning time and quality*. Haettu 23. helmikuuta 2021 osoitteesta *Impact of a virtual twin on commissioning time and quality*.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318315970>
- Siemens. (2020). *SIMIT Simulation platform (V10.2)*. Haettu 29. joulukuuta 2020 osoitteesta *Operating Manual*: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/242/109780242/att_1023426/v1/SIMIT_enUS_en-US.pdf
- Siemens. (n.d.). Haettu 22. kesäkuuta 2020 osoitteesta <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/virtuaalinen-kayttoonotto.html>
- Siemens. (n.d.). *Siemens TAI Portal tuotesivu*. Haettu 22. kesäkuuta 2020 osoitteesta <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/tia-portal.html>

