

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Mika Espo

# Sähkömoottoreiden testipenkki

## Suunnittelu ja valmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

Koneautomaatio

Opinnäytetyö

27.11.2020

Tekijä(t) Otsikko	Mika Espo Sähkömoottoreiden testipenkki
Sivumäärä Aika	22 sivua + 2 liitettä 27.11.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja(t)	lehtori Maria Sjöholm tuotantopäällikko Eero Ollila
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa Sharpcell Oy:lle testipenkki sähkömoottoreille. Testipenkissä halutaan varmistaa tuotantolaitoksen alle 7,5 kW sähkömoottoreiden toimivuus. Testipenkki toimii myös oppimisalustana ohjelmoitavalle logiikalle tuotantolaitoksen kunnossapidon asentajille.</p> <p>Työn lopputulemaa lähestytään aluksi määrittämällä testipenkin fyysiset ja toiminnalliset vaatimukset ja rajoitukset. Työssä käydään läpi penkin mekaniikkasuunnittelu ja asennus ja niihin vaikuttaneet seikat. Testipenkin ohjelmoitavan logiikan komponenttien, moottoreiden ja taajuusmuuttajien tekniset tiedot tuodaan esille ja testausprosessi esitellään.</p> <p>Teoriaosiossa avataan ohjelmoitavan logiikan pääkomponenttien toiminnallisuutta. Myös sähkömoottoreiden ja taajuusmuuttajien toimintaa käsitellään lyhyesti.</p> <p>Lopputuloksena on etukäteen asetetut vaatimukset täyttävä kokonaisuus, jota asiakas alkaa hyödyntämään tuotantolaitoksen kunnossapidossa. Näkemykset testipenkin jatkokehityksestä on tuotu esille lopuksi.</p>	
Avainsanat	Mekaniikkasuunnittelu, ohjelmoitava logiikka, TIA Portal

Author(s) Title	Mika Espo Test bench for electric motors
Number of Pages Date	22 pages + 2 appendices 27 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor(s)	Maria Sjöholm, Senior Lecturer Eero Ollila, Production Manager
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to design and produce a test bench for electrical motors for SharpCell Oy. The test bench is intended to ensure the functionality of the production plant's electric motors below 7,5 kW. The test bench works also as a learning platform for programmable logic for plant maintenance installers.</p> <p>The project was initially approached by determining the physical and functional requirements and limitations of the test bench. The thesis covers the mechanical design and installation of the bench and the factors that influenced them. The technical data of the programmable logic components, motors and frequency converters of the bench are displayed and the testing process is presented.</p> <p>The theory section examines the functionality of the main components of programmable logic. Similarly, the operation of electric motors and frequency converters is briefly discussed.</p> <p>The outcome is an entirety that meets pre-set requirements, which the client begins to utilize in the maintenance of the production plant. In conclusion, views on the further development of the test bench are presented.</p>	
Keywords	Mechanical design, programmable logic, TIA Portal

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teoria	2
2.1	Ohjelmoitava logiikka (PLC)	2
2.2	CPU	3
2.3	Teholähde	3
2.4	Tulo- ja lähtöyksiköt, (I/O)	3
2.5	Kenttäväylä	4
2.6	Epätahtimoottori	5
2.7	Taajuusmuuttaja	6
3	Laitteisto ja ohjelmisto	7
3.1	Pöytälevy	7
3.2	Moottorialusta	7
3.3	TIA Portal	8
3.4	Ohjelmoitava logiikka Siemens S7-300	9
3.5	Taajuusmuuttajat	11
3.6	Pyöritettävät moottorit	12
4	Mekaniikkasuunnittelu	13
4.1	Rungon vaatimukset	13
4.2	Tekniset vaatimukset	13
4.3	Rungon suunnittelu	14
4.4	Hammashihnan ja -pyörien mitoitus	15
5	Rungon kasaus	18
6	Testaus	20
7	Yhteenveto	21
7.1	Arviointi	21
7.2	Jatkokehitys	21
	Lähteet	23

## Liitteet

Liite 1. SL430 moottorialusta sähkömoottoreille 90-160

Liite 2. TIA Portal käyttöönotto ja taajuusmuuttajan ohjaus

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella ja valmistaa testipenkki sähkömoottoreille SharpCell Oy:lle vian varmistus- ja opetuskäyttöön. Testipenkillä on tarkoitus varmistaa tehtaalla käytettävien sähkömoottoreiden, taajuusmuuttajien ja sähkökomponenttien, kuten esimerkiksi CPU-yksiköiden toimivuus. Testattavat laitteet ovat joko uusia tai prosessista poistettuja, mahdollisesti epäkunnossa olevia laitteita. Toinen tarkoitus testipenkille on, että kunnossapidon asentajat pääsevät harjoittelemaan ja testaamaan ohjelmoitavan logiikan käyttöä.

Tavoitteena on suunnitella ja rakentaa testipenkki ja suunnitella siihen testiohjelma. Sähkösuunnittelu rajattiin pois opinnäytetyöstä, koska työstä olisi tullut liian laajaksi. Testipenkillä ohjataan kahta sähkömoottoria, joista toinen toimii ajavana moottorina ja toinen kuormana. Testipenkin tulee olla turvallinen käyttää ja testiohjelman tulee olla helppokäyttöinen.

Tilaaajayritys on korkealaatuista Airlaid-paperia valmistava SharpCell Oy. Yhtiön tuotantolaitos sijaitsee Iitin Kausalassa ja yhtiö on valkeakoskelaisen Hypap Oy:n tytäryhtiö.

Tuotantolaitoksella on Anpap Oy:n valmistama paperikone. Kone toteuttaa kuivarainausprosessia, joka on tapa muodostaa ilmaa väliaineena käyttäen kuiduista jatkuva raina. Koko prosessi on täysin automatisoitu.

Prosessista syntyvä Airlaid-paperi, joka tunnetaan myös kuivapaperina, on kangasmainen nonwoven-tuote. Yleisesti nonwoven-tuotteilla viitataan rainaan tai arkkiin, jossa kuidut ovat sidottu toisiinsa joko kemikaalien, mekaanisen- tai lämpöenergian avulla. Pääraaka-aineena Airlaid-paperissa käytetään fluff-sellua. Airlaid-paperista jatkojalostetaan muun muassa pöytäliinoja ja lautasliinoja sekä hygieniatuotteita. Suurin osa yhtiön tuotannosta menee vientiin ulkomaille.



*Kuva 1. Tuotantolaitos Iitin Kausalassa.*

## 2 Teoria

### 2.1 Ohjelmoitava logiikka (PLC)

Ohjelmoitava logiikka, eli PLC on lyhennys sanoista Programable Logic Control. Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessorilla varustettu laite ja se koostuu tulo- ja lähtöyksiköistä (I/O), keskusyksiköstä (CPU), merkkivaloista, käyttökytkimistä ja muisteista. Logiikan liityntä prosessiin tapahtuu tulo- ja lähtöyksiköiden välityksellä. Tuloyksiköihin kytketään erilaisia antureita ja kytkimiä, jotka välittävät tietoa laitteiden ja prosessin tilasta. Lähtöyksiköihin kytketään laitteet, joita logiikalla ohjataan. Näiden tietojen perusteella logiikkaohjelma ohjaa mm. releitä, merkkilamppuja, magneettiventtiileitä ja moottoreita.

Ohjelmoitavaa logiikkaa käytetään toistuvien työjaksojen ohjaukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi kokoonpanolinjat, pakkaus- ja lajittelukoneet. Ohjelmoitava logiikka toimii automatisointiin yksittäisen koneen ohjauksesta aina tehtaan laajuisten järjestelmien hallintaan. Perusajatus modulaarisella logiikalla on yhdistää logiikan eri yksiköt toisiinsa kenttäväylän välityksellä. Näin voidaan prosessin ohjauksessa tarvittavien I/O-pisteiden lukumäärän avulla koota eri moduuleista tarvittava logiikkajärjestelmä. Lisäksi järjestelmä on tarvittaessa helposti päivitettävissä jälkepäin.

Ohjelmoitavia logiikoita rakennetaan monen kokoiseksi. Kiinteä rakenne on tyypillistä pienille ohjelmoitaville logiikoille. Niissä tulojen ja lähtöjen yhteismäärä on korkeintaan muutamia kymmeniä. Pieniä logiikoita käytetään yleensä yhden tai kahden koneen ohjaukseen. Keskisuurissa logiikoissa I/O-pisteitä on muutamia satoja. Laitteita käytetään useista koneista koostuvan prosessin ohjauksessa. Suurissa logiikoissa I/O-pisteiden määrä on tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia. Tällöin voidaan ohjata jo kokonaisia tuotantolaitoksia. (Liljaniemi 2018. Ohjelmoitavat logiikat).

## 2.2 CPU

Keskusyksikkö, eli CPU on lyhennys sanoista Central Processing Unit. Keskusyksikkö on laitteiston ydin ja se koostuu prosessorista, muistista ja mahdollisista kommunikointipor-teista. Luotu sovellusohjelma syötetään keskusyksikön muistiin ja sitä kautta laite lukee tuloyksiköiltä tulevaa tietoa ja ohjaa sen avulla lähtöyksiköitä. Perusrakenteeltaan logiikka on mikrotietokone. Mikroprosessori ja käyttöjärjestelmä ohjaavat logiikan sisäisiä toimintoja. Ne huolehtivat myös logiikan ja ohjelmointilaitteiden välisestä viestiliikenteestä. Suuret logiikat käyttävät useita keskusyksiköitä, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Näin laajojenkin ohjausten toiminta on nopeaa. Logiikassa käyttöjärjestelmä on valmiina tallennettuna ROM-muistiin. Logiikan tehtävät prosessissa määrää sovellusohjelma ja se tallennetaan ohjelmamuistiin, joka yleensä on paristovarmennettua RAM-muistia. Käytössä olevan ohjelmamuistin koko rajoittaa sovellusohjelman pituutta. (Liljaniemi 2018. Ohjelmoitavat logiikat.)

## 2.3 Teholähde

Teholähde toimii galvaanisena erottimena verkon ja logiikan välillä. Sen kautta kulkee keskusyksikölle ja I/O-yksiköille tarvittava teho. Teholähteiden käyttöjännitteet ovat joko 230 VAC tai 24 VDC. (Liljaniemi 2018. Ohjelmoitavat logiikat.)

## 2.4 Tulo- ja lähtöyksiköt, (I/O)

I/O:lla tarkoitetaan logiikan kytkentäkortteja, joihin toimilaitteet ja anturit kytketään. Kortit voivat olla digitaalisia, analogisia tai erikoiskortteja (esim. väyläkortit). Analogisten lähtöjen ja tulojen välillä kulkee analogisia viestejä. Digitaalisiin tuloihin yleensä tuodaan binäärisiä viestejä ja digitaalisilla lähdöillä lähetetään niitä. Siksi digitaalisia lähtöjä ja tuloja kutsutaan myös termeillä binäärinen tulo tai lähtö.



Lähtöyksiköihin liitetään kaikki toimilaitteet kuten taajuusmuuttajat, magneettiventtiilit tai merkkilamput. Toimilaitteille lähtevän lähtöyksikön ohjauskytkimenä käytetään tavallisesti relettä. Tällöin voidaan ohjata verkkojännitteistä vaihtojännitettä aina muutaman ampeerin kuormitusvirralle saakka, eli lähtöyksikö toteuttaa galvaanisen erotuksen.

Kaikki tulosignaalit liitetään logiikan tuloyksikköön. Tällaisia ovat esimerkiksi ohjauskytkimet, rajakatkaisijat ja anturit. Tulosignaalit ovat digitaalisia, eli binäärisiä tai analogisia viestejä. Tuloyksikkö sovittaa anturijännitteet logiikan jännitteeseen ja suojaa logiikkaa mahdollisilta häiriöiltä, eli toteuttaa myös galvaanisen erotuksen. Laitteet, jotka ovat kytketty tuloihin, saavat tavallisesti logiikalta käyttöjännitteensä. Tuloyksiköissä tulosovituksena käytetään yleensä optoerotinta. Optoerotin sisältää diodin, joka lähettää valoa ja transistorin, joka vastaanottaa sitä. Kun virtapiiri sulkeutuu, diodi alkaa tulopiirissä hohottaa valoa. Valo tekee transistorista johtavan ja logiikalle välittyy tieto tulon tilan muutoksesta. (Liljaniemi 2018. Ohjelmoitavat logiikat.)

## 2.5 Kenttäväylä

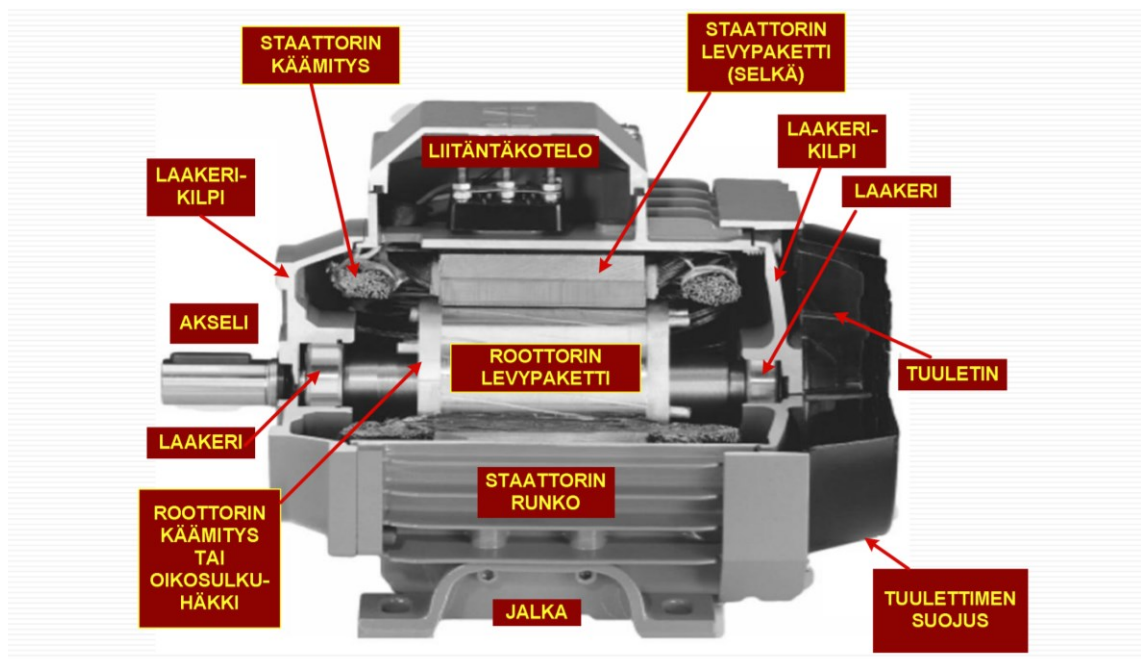
Kenttäväylät ovat yleisesti käytettyjä tekniikoita automaatiotekniikassa. Ne mahdollistavat tiedonsiirron logiikalta laitteiden eri osiin ja toisin päin. Tämä tieto on pääsääntöisesti digitaalista tietoa, jolla logiikka ohjaa laitteita ja laitteet lähettävät mittaustietoa takaisin logiikalle. Tämän tekniikan avulla laitteiston kaapelointi helpottuu huomattavasti, sillä se vähentyy noin 80%. Kenttäväyliä on useita erilaisia, koska eri kenttäväylät on suunniteltu eri tehtäviin. Testipenkki-laitteistossa PLC:n ja taajuusmuuttajan välillä on Profibus DP -väylä. (Liljaniemi 2018. 8. luentokalvo.)

Profibus DP (Decentralized Periphery) on suunniteltu erityisesti automaation ohjaussysteemin ja hajautetun I/O:n väliseen kommunikointiin. Profibus DP:tä voidaan käyttää korvaamaan rinnakkaistiedonsiirtoa 24V tai 0...20 mA. Profibus toteuttaa master-slave -tyyppistä tiedonsiirtoa. Profibusin väyläkaapeli on väriltään violetti, joten se on helppo tunnistaa.

Master-yksikkö on väylän aktiivinen laite, eli väyläliikennöintiä hallinnoiva yksikkö. Tässä tapauksessa ohjelmoitava logiikka (PLC). Master-yksikkö kykenee itse kontrolloimaan viestien lähetystä. Väylässä voi olla useita Mastereita, mutta vain yksi Master voi hallita väylää kerrallaan.

Slave-yksiköt ovat väylän passiivisia laitteita, joka tarkoittaa, että niillä ei ole väyläkäyttöoikeuksia. Ne voivat kuitata vastaanotetun datan tai lähettää dataa master-yksikön käskiessä. Tyypillisiä slave-laitteita ovat I/O-asetat, venttiilit, moottorikäytöt ja mittalähetimet. (PROFIBUS Technology and Application.)

## 2.6 Epätahtimoottori



Kuva 2. Epätahtimoottorin rakenne.

Epätahtimoottori on yleisin moottorityyppi, jotka jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- Kolmivaiheiset oikosulkumoottorit
- Yksivaiheiset oikosulkumoottorit
- Liukurengasmoottorit

Toiminnan kannalta tärkeimmät osat moottoreissa ovat staattorin käämitys levypaketteineen ja roottorin käämitys levypaketteineen. Nämä muodostavat koneen sähköisen toi-

minnan aktiiviset osat. Muut osat ovat passiivisia osia, jotka pitävät aktiiviset osat paikoillaan, johtavat sähkövirran koneeseen ja välittävät moottorin pyörivän liikkeen työkooneeseen.

Epätahtimoottorissa roottori pyörii epätahdissa staattorin kehittämän pyörivän magneetikentän kanssa. Todellinen pyörimisnopeus on siis aina alle tahtinopeuden, kun kone on kytketty suoraan sähköverkkoon.

$n_{\text{roottori}} < n_s$  (tahtinopeus)

(KAAVA 1)

Epätahtimoottorit ovat yksinkertaisen rakenteen ansiosta varsin kestäviä, luotettavia ja toimintavarmoja. Lisäksi moottorien nopeutta voidaan säätää syötön taajuutta muuttamalla. Haittapuolena epätahtimoottoreissa on suuri käynnistysvirtasysäys, joka on noin 5-8 kertainen nimellisvirtaan verrattuna. (Kinosmaa 2018.)

## 2.7 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja (VFD) on moottorinohjain, jolla sähkömoottoria ohjataan muuttamalla sen tehonsyötön jännitettä ja taajuutta. Taajuusmuuttajalla pystytään ohjaamaan myös moottorin ylös- ja alasramppausta käynnistyksen ja pysäytyksen aikana.

Taajuusmuuttajalla ohjataan moottorin tehonsyötön jännitettä ja taajuutta, sitä kutsutaan kuitenkin monesti moottorin nopeusohjaukseksi, koska seurauksena on moottorin pyörimisnopeuden säätäminen.

Taajuusmuuttajan käytölle on monia syitä. Sillä saadaan järjestelmän tehokkuutta parannettua ja sitä kautta energiansäästöä. Vääntömomentti tai nopeus voidaan mitoittaa prosessin vaatimusten mukaan, jonka ansiosta esimerkiksi pumpuissa ja puhaltimissa melutaso on pienempi ja näin ollen työympäristö parantuu. Myös koneiden mekaaniset rasitukset vähentyvät ja sitä kautta koneiden käyttöikä pidentyy.

Yleisimpiä taajuusmuuttajien käyttökohteita ovat pumput, puhaltimet ja kompressorit. Edellä mainituissa laitteissa on 75 % kaikista maailmalla käytössä olevista taajuusmuuttajista. (Mikä on taajuusmuuttaja?.)

### 3 Laitteisto ja ohjelmisto

#### 3.1 Pöytälevy

Testipenkin pöytälevyä ei ollut järkevää alkaa valmistaa itse, vaan se hankittiin ETRA:sta. Pöytälevyksi valikoitui Trestonin Workshop-terästaso 1500 x 750 1,5 mm. Terästaso on suunniteltu raskaaseen käyttöön, kuten konepaja-, korjaamo- tai teollisuus-käyttöön.

#### 3.2 Moottorialusta

Testipenkkiin hankittiin molemmille moottoreille säädettävät moottorialustat Laakeri-netti.com-verkkokaupasta. Säädettävällä moottorialustalla hihnan linjaus säilyy samana hihnan vaihdon yhteydessä. Tarvittava säätö toteutetaan ruuvi-/mutteriyhdistelmällä. Moottorialusta on käytännöllinen hihna- ja rullaketjukäytössä kireyden säätöön.

Kyseisellä toimittajalla on moottorialustoja runkokoille IEC 63-160 ja valikoimassa on 5 eri kokoa. Näistä testipenkkiin valikoitui suurin SL430-malli, jonka päämitat ovat 430x282 mm ja se on valmistettu 4 mm:n sinkitystä teräslevystä.

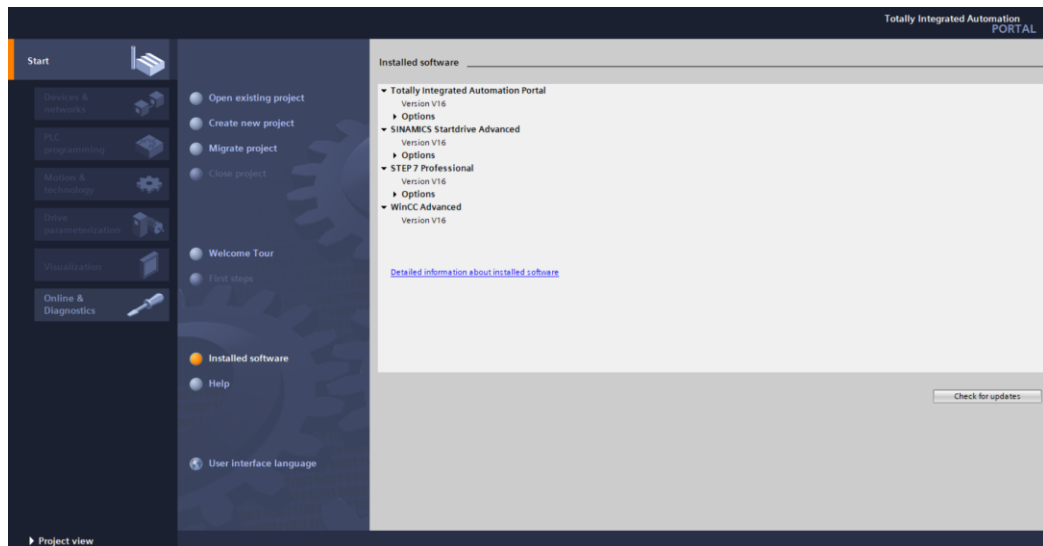


*Kuva 3. SL430 moottorialusta sähkömoottoreille 90–160.*

### 3.3 TIA Portal

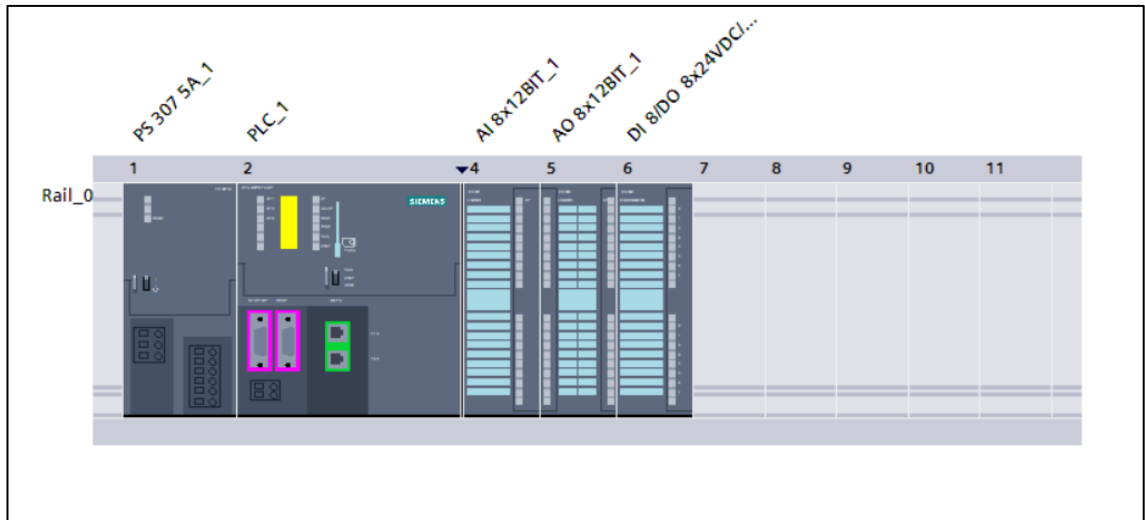
Laitteiston ohjelmointi ja parametrisointi suoritettiin Siemensin TIA Portal V16 -ohjelmalla. Siemensin uusin ja kehittynein ohjelmointiohjelmisto on hyvin kätevä, koska samassa työkalussa yhdistyy ohjelmoitavat logiikat, visualisointi, käytöt, turvatekniikka ja väyläliitynnät. TIA Portal on suunniteltu niin pienien kuin suurien logiikoiden ohjelmointiin ja sillä voidaan toteuttaa niin yksittäisiä koneenohjauksia, kuin laajoja turvatoimintoja sisältävät kokonaisuudet.

TIA (Totally Integrated Automation) Portal -ohjelma yhdistää logiikkaohjelmoinnin, jota käytetään SIMATIC STEP -työkalulla. Ohjelmassa voidaan suorittaa myös käyttöliittymäsuunnittelu SIMATIC WinCC -työkalulla, sekä myös taajuusmuuttajien käyttöönotto SmartDrive-työkalulla. (Totally Integrated Automation (TIA) Portal.)



Kuva 4. TIA Portalin aloitusnäky sekä asennetut ohjelmat.

### 3.4 Ohjelmoitava logiikka Siemens S7-300



Kuva 5. TIA-Portal näkymä PLC:stä.

Testipenkin ohjelmoitava logiikka on kuvan 5 mukainen ja logiikka on Siemensin S7-300 -sarjaa.

Pääkomponenttina on vaativiin sovelluksiin suunniteltu, vikaturvallinen CPU 319F-3 PN/DP. Siinä on suuri 2,5 MB keskusmuisti ja siihen on mahdollista lisätä maksimissaan 8 MB mikromuistikortti. Sitä voidaan käyttää PROFINET IO-ohjaimena tai PROFIBUS DP master-laitteena. Laite täyttää SIL 3:n mukaiset turvallisuusvaatimukset standardin IEC 61508 mukaan ja saavuttaa PL-luokan e standardin ISO 13849.1 mukaan. (CPU 319F-3 PN/DP SIEMENS S7-300F – FAIL-SAFE CPUS.)

Virtalähdeyksikkönä on PS 307 5A. Sen lähtövirta on 5 A ja lähtönimellisjännite on DC 24 V. Virtalähdeyksikössä on liitäntä yksivaiheeseen vaihtojännitteeseen AC 120/230 V tulo-nimellisjännitteellä ja 50/60 Hz taajuudella. Virtalähdeyksikköä voidaan käyttää kuormavirtalähteenä. (Automaatiojärjestelmät S7-300, M7-300 Yksikkötiedot: 2.2.)

Analogituloyksikkönä on AI 8 x 12 Bit ja nimensä mukaisesti siinä on kahdeksan tulopaikkaa neljässä kanavaryhmässä. Mittauslajiksi on valittavissa jännite, virta, vastus ja lämpötila. Mittaustarkkuus on 9 - 14 bittiä + etumerkki. Mittausarvon tarkkuus on suoraan verrannollinen integrointiaikaan, eli mitä pidempi analogitulokanavan integrointiaika on, sitä tarkempi mitta-arvo saadaan. (Automaatiojärjestelmät S7-300, M7-300 Yksikkötiedot: 4.4.)

Analogilähtöyksikkö AO 8 x 12 Bit, jossa on kahdeksan lähtöpaikkaa kahdeksassa kanavaryhmässä. Lähtöpaikat voidaan ohjelmoida jännite- ja virtalähdöiksi. Sen resoluutio on 12 bittiä. Siinä on ohjelmitava diagnostiikka ja diagnostiikan keskeytys. (Product Information on Reference Manual SIMATIC S7-300 Analog Output Module SM 332; AO 8 x 12 Bit.)

Logiikassa on vielä digitaalitulo-/lähtöyksikkö DI8/DO8 x DC 24 V / 0,5 A, jossa on kahdeksan lähtöpaikkaa ja kahdeksan tulopaikkaa. Tulon ja kuorman nimellisjännite on DC 24 V. Yksikön tulot on tarkoitettu kytkimille ja 2-/3-/4-johdin-lähestymiskytkimille. Lähdöt on tarkoitettu magneettiventtiileille, tasavirtakeloille ja merkkilampuille. (Automaatiojärjestelmät S7-300, M7-300 Yksikkötiedot: 3.4.2.)

### 3.5 Taajuusmuuttajat



*Kuva 6. Testipenkin taajuusmuuttajat.*

Testilaitteistoon kytkettiin kaksi Siemensin Sinamics G120 -taajuusmuuttajaa. Sinamics G -sarjassa on modulaarinen rakenne eli se koostuu erillisestä teho-osasta ja ohjausyksiköstä. G120 teho-osien määrä on laaja. Pienin saatavilla oleva teho-osa on 0,55 kW ja suurin 250 kW. Lisäksi G120-sarjaa on saatavilla kolmena jänniteversiona liitettäväksi 200 V, 400 V ja 690 V verkkoihin. Väyläksi on mahdollista valita Profibus tai Profinet. (The modular multifunctional frequency converter.)

Kuvassa 6 vasemmalla on pienempi taajuusmuuttaja, jossa on 5,5 kW:n teho-osa ja CU240E-2-DP-F ohjausyksikkö. Tällä taajuusmuuttajalla ohjataan testipenkin pienempää, 3 kW:n moottoria. Kuvassa 6 oikealla on suurempi taajuusmuuttaja, jossa on



11kW:n ohjausyksikkö ja CU240S DP F ohjausyksikkö. Tällä taajuusmuuttajalla ohjataan suurempaa, 7,5 kW:n moottoria.

### 3.6 Pyöritettävät moottorit



*Kuva 7. Testipenkin sähkömoottorit.*

Pyöritettäviä moottoreita testipenkissä on kaksi kuvan 7 mukaisesti. Molemmat moottorit ovat Siemensin valmistamia kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita. Pienempi moottori on teholtaan 3kW, ja sen pyörimisnopeus on 1455 1/min. Suurempi moottori on teholtaan 7,5kW ja sen pyörimisnopeus on 1470 1/min.

Penkkiin tullaan kiinnittämään tulevaisuudessa eri moottoreita, mutta ei kuitenkaan suurempia kuin teholtaan 11kW olevia.

## 4 Mekaniikkasuunnittelu

Suunnittelu aloitettiin asettamalla vaatimukset laitteille ja rungolle. Näiden vaatimusten perusteella rungosta tehtiin 3D-malli ja työpiirustukset CATIA-3D-mallinnusohjelmalla.

### 4.1 Rungon vaatimukset

Testipenkin mitoille ei asetettu tarkkoja rajoja, mutta pyyntönä oli, että leveys- ja pituus-suunnassa laite olisi suurin piirtein EUR-lavan kokoinen. Runkoon kiinnitetään 750 x 1500 mm valmis pöytälevy, joka asettaa minimi mittavaatimuksia rungolle. Myöskään penkin korkeudelle ei annettu rajoja, mutta vaatimuksena oli myös, että komponentteihin tulisi päästä helposti käsiksi, mikä vaikuttaa penkin korkeuteen.

Testipenkistä toivottiin, että sitä olisi myös tarvittaessa helppo siirtää. Siirto tapahtuisi joko penkkiin asennettavilla pyörillä tai pumppukärryllä.

Rungon materiaalille ei asetettu vaatimuksia. Rungon suunnitteluun ja materiaalivalintaan vaikuttaa kuitenkin penkin käyttötarkoitus. Testipenkin tulee kestää moottoreiden massoista ja vääntömomenteista aiheutuvia värinöitä.

### 4.2 Tekniset vaatimukset

Suurimmiksi testattaviksi moottoreiksi valikoitui 7,5 kW moottorit. Moottorin ohjaus tapahtuu 11 kW taajuusmuuttajalla. Toiseksi moottorikooksi valikoitui 3 kW moottori, jota ohjataan 5,5 kW taajuusmuuttajalla. Näitä suurempia moottoreita ei ole tarpeen testata tuotantolaitoksen tiloissa, vaan ne lähetetään tarvittaessa kunnossapidon verstaalle, jossa on paremmat puitteet testaukselle.

Testilaitteella halutaan testata vain jalkamallisia moottoreita. Laippakiinnitteiset moottorit rajattiin laitteesta pois niiden vähäisen käytön takia. Tämä helpottaa moottoreiden kiinnitysten suunnittelua.

Moottoreiden kytkeminen toisiinsa halutaan tapahtuvan hammashihnalla, koska hammashihnoilla tapahtuvaa voimansiirtoa on tuotantolaitoksella useissa eri kohteissa, kuten puhaltimissa.

### 4.3 Rungon suunnittelu

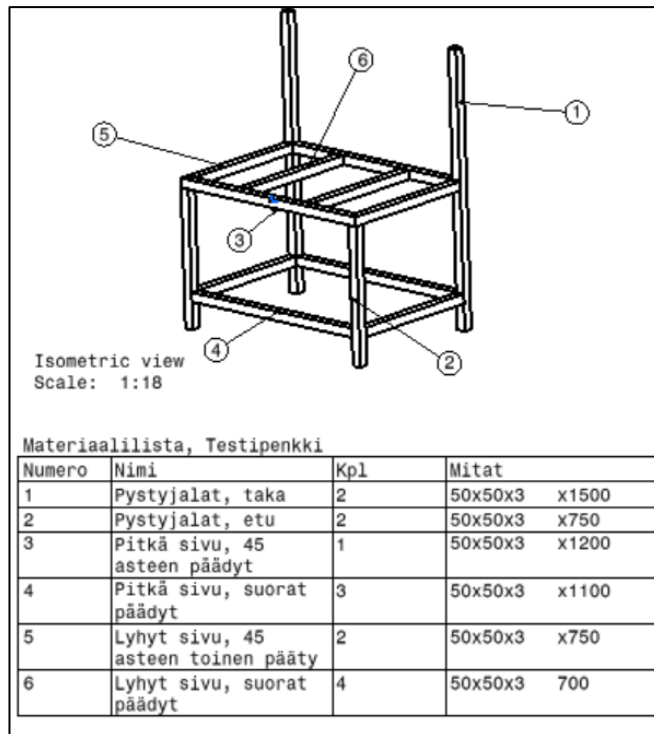
Rungon suunnittelu aloitettiin valitsemalla materiaali. Kunnossapidon varastosta löytyi sopivaa putkipalkkia, jota haluttiin hyödyntää. Palkki on yleistä S355J2H-rakenneterästä ja sen mitat ovat 50 x 50 x 3 mm.

Kun materiaali oli valittu, alkoi rungon hahmottelu. Runko haluttiin pitää yksinkertaisena ja helposti kasattavana. Hahmottelua helpotti se, että kaikki rungon osat ovat 50x50x3 mm -putkipalkkia.

Muutaman karkean luonnoksen jälkeen päädyttiin kuvan 8 mukaiseen malliin, jossa runko koostuu 14:sta 700–1500 mm pitkistä palkista. Palkit liitetään toisiinsa hitsaamalla. Osa palkkien päädyistä sahattiin 45° kulmaan. Tällä saatiin helpotusta hitsattavuuteen, kun palkkien päät voidaan hitsata yhteen.

Ylhäältä katsottuna rungon mitat ovat 750x1200 mm. Koska pöytälevy on jämäkkä, ei haittaa, vaikka se tulee leveyssuunnassa 150 mm rungon yli molemmista päädyistä. Sivusta taas katsottuna rungon yläpinta on 800 mm korkeudella maasta. Päälle tuleva pöytälevy on 50 mm korkea, joten pöydän yläpinta on 850 mm korkeudella maasta. Takana olevat palkit ovat 1500 mm korkeita ja niihin kiinnitetään reikälevy, johon kiinnitetään taajuusmuuttajat ja logiikat.

Alatukipalkit ovat 150 mm:n korkeudella. Pöytää voidaan siirtää nostamalla alatukipalkkien kohdalta pumppukärryllä.



Kuva 8. Rungon 3D-malli ja materiaalilista.

#### 4.4 Hammashihnan ja -pyörien mitoitus

Hihna ja pyörät mitoitettiin OEM Automaticin tekemän ”Hammashihnojen mitoitus- ja laskentakaavat” -ohjeen mukaan.

Mitoitus aloitettiin selvittämällä mitoitukseen vaikuttavat toimintaolosuhteet, jotka ovat:

- Vähäinen kytkentäaika
- Akseliväli 400 mm + 50 mm
- Max. ulkohalkaisija 100 mm

Tämän jälkeen laskettiin laskentateho,  $P_K$  (Hammashihnojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:8). Laskennassa käytettiin suuremman moottorin tehoa, 7,5kW. Käytetyt kertoimet ovat otettu mitoitusohjeen taulukoista.

$$P_K = P_M(K_1+K_2+K_3) / K_M \quad (\text{Kaava 2})$$

Jossa  $P_M$  = Käyttävän moottorin teho

$K_1$  = Peruserroin

$K_2$  = Kiristyspyörä -kerroin

$K_3$  = Välityserroin

$K_M$  = Kosketuserroin

$$P_K = 7,5\text{kW} (1,4+0+0) / 1 = \underline{10,5\text{kW}}$$

Tämän jälkeen valittiin hammasprofiili ja -jako ottaen huomioon hinnan tehonsiirtokyky. Hihnatyypiksi valikoitui HTD, 8 mm jaolla.

Koska moottoreiden kierrosnopeudet ovat samat, välitystä ei näin ollen ole (Hammas-  
hienojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:8).

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{Kaava 3}) \quad \rightarrow \quad i = \frac{1470}{1470} = 1$$

Seuraavaksi määritettiin hammashihnapyörän hammasluku  $Z$  (Hammas-  
hienojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:8). Pyörän ulkohalkaisija saa olla enimmillään 100 mm. Ham-  
maslukuun vaikuttaa välitys, mutta koska  $i = 1$

$$i = \frac{D_{2P}}{d_{1P}} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (\text{Kaava 4}) \quad \rightarrow \quad D_{2P} = d_{1P} \quad \text{ja} \quad Z_2 = Z_1$$

Hammashihnapyöräksi valikoitui vakiopyörä 26-8M-20:

- Hammasluku,  $Z = 26$
- Ulkohalkaisija,  $D = 66,21 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$

Näiden tietojen perusteella määritettiin hinnan pituus, joka saatiin kaavasta 5 (Hammas-  
hienojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:8).

$$L_R = 2C + \frac{\pi}{2} (D_{2P} + d_{1P}) + \frac{(D_{2P} - d_{1P})^2}{4C} \quad (\text{Kaava 5})$$

Jossa  $C =$  Akseliväli [mm]

$D_{2P} =$  Isomman hammashihnapyörän halkaisija [mm]

$d_{1P} =$  Pienemmän hammashihnapyörän halkaisija [mm]

$$L_R = 2 \times 400 + \frac{\pi}{2} (66,21 + 66,21) + \frac{(66,21 - 66,21)^2}{4 \times 400} = \underline{1018,9 \text{ mm}}$$

Tämän avulla valittiin sopiva vakio pituinen hammashihna 1040-8MGT:

- Jakopituus,  $L = 1040 \text{ mm}$
- Hammasluku = 130

Seuraavaksi määritettiin tarkka akseliväli, joka saatiin laskettua kaavasta 6 (Hammashihnojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:8).

$$C = \frac{L_R}{4} - \frac{\pi}{8} (D_{2P} + d_{1P}) + \sqrt{\left[\frac{L_R}{4} - \frac{\pi}{8} (D_{2P} + d_{1P})\right]^2 - \frac{1}{8} (D_{2P} - d_{1P})^2} \quad (\text{Kaava 6})$$

$$C = \frac{1040}{4} - \frac{\pi}{8} (66,21 + 66,21) + \sqrt{\left[\frac{1040}{4} - \frac{\pi}{8} (66,21 + 66,21)\right]^2 - \frac{1}{8} (66,21 - 66,21)^2} \\ = \underline{414,9 \text{ mm}}$$

Tarkaksi akseliväliksi tuli 414,9 mm. Akseliväli pysyy alle 400 + 50 mm:ssä ja on näin ollen sopiva.

Lopuksi tarkistettiin vielä pureutuvien hampaiden määrä. OEM Automaticin ohjeen mukaan, minimi määrä, kuinka paljon pureutuvia hampaita tulee olla, on 6. Jos pureutuvia hampaita on tämän alle, hammashihna täytyy vaihtaa toiseen malliin. Pureutuvien hampaiden lukumäärän tarkistus saadaan kaavasta 8 (Hammashihnojen mitoitus- ja laskentakaavat: 9:9).

$$\beta = 180 - \frac{57 \times (D_{2P} - d_{1P})}{C} \rightarrow \beta = 180 \quad (\text{Kaava 7})$$

$$Z_{\beta} = \frac{Z \times \beta}{360} \quad \rightarrow \quad \frac{180 \times 26}{360} = 13 \quad (\text{Kaava 8})$$

Pureutuvia hampaita on 13, joten hihna on varmasti sopiva.

## 5 Rungon kasaus

Rungon kasaus toteutettiin kokonaisuudessaan tehtaan kunnossapidon työpajalla, jossa runko kasattiin hitsaamalla ja runkoon liitettävät osat kiinnitettiin pulteilla ja muttereilla.



*Kuva 9. Rungon hitsaus.*

Kasaus suoritettiin MIG/MAG-hitsaamalla, eli metallikaasukaarihitsaamalla. Termit MIG ja MAG tulevat englannin kielen sanoista Metal-Arc Inert Gas Welding ja Metal-Arc Active Gas Welding. Monesti näitä hitsausprosesseja kutsutaan yleisnimityksellä MIG-hitsaus. Hyvä muistisääntö näiden prosessien käytössä on sellainen, että MAG:lla hitsataan teräksiä ja MIG:llä hitsataan ei-rautametallisia aineita.

Kaasukaarihitsausprosessissa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä. Suojakaasu voi olla aktiivinen tai inertti kaasu. Aktiivinen kaasu reagoi sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. Tällainen kaasu on joko puhdas hiilidioksidi tai argonin ja hiilidioksidin muodostama seoskaasu. Tällaista hitsausta kutsutaan MAG-hitsaukseksi. MIG-hitsauksessa vuorostaan suojakaasu on inertti eli reagoimaton kaasu, jollaisia ovat helium ja argon.

Langansyöttölaite työntää tasaisella nopeudella hitsauslankaa hitsauspistooliin ja siitä edelleen valokaareen. Lisäaine on ohut kelalla oleva lanka, jota kutsutaan usein myös umpilangaksi vastakohtana täytelangalle. Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräslangat ovat pinnaltaan yleensä kuparoituja. Hitsauslangat vastaavat yleensä kemiallisilta ominaisuuksiltaan hitsattavan teräksen koostumusta. (ESAB, MIG/MAG-hitsaus.)



*Kuva 10. Testipenkin rungon MAG-hitsaussauma.*



## 6 Testaus



*Kuva 11. Yleiskuva testipenkistä.*

Moottoreiden testaus toteutetaan TIA Portal V16:ssa, jossa hyödynnetään STEP 7 Professionalia ja SINAMICS Startdrive Advancedia.

Kun uusi moottori tai taajuusmuuttaja otetaan testattavaksi, tehdään aluksi tarvittavat fyysiset kytkennät, kuten moottorin kiinnitykset ja virransyötöt. Ohjelmoitavaa logiikkaa ei lähtökohtaisesti vaihdeta, joten sen virransyöttöihin ei tarvitse koskea. Ainoastaan loogikasta lähtevät PROFIBUS-väylät tulee liittää taajuusmuuttajiin.

Tämän jälkeen voidaan aloittaa itse TIA Portalilla testaaminen, joka aloitetaan luomalla uusi projekti. Projektiin lisätään testipenkin laitteita vastaavat komponentit, kuten CPU ja Drivet. Laitteet configurioidaan ja varmistetaan oikeat IP- ja PROFIBUS-osoitteet. Näiden jälkeen syötetään mm. moottorin tiedot, parametrit ja tiedonsyöttö- ja ajotavat Commissioning Wizardissa. Kun edellä mainitut kohdat on tehty, moottoria voidaan pyörittää TIA Portalin Control Panelilla.

Liitteestä 2 löytyy yksityiskohtainen ohje, miten koko testaus suoritetaan.

## 7 Yhteenveto

Testilaitteen suunnittelu ja rakentaminen oli mielenkiintoinen projekti, jonka aikana pääsi toteuttamaan koulussa opittuja asioita käytännössä. Työn aikana oppia karttui lisää varsinkin Siemensin TIA Portalin käytöstä.

Haluan kiittää tilaajayritystä, SharpCellia, että sain tehdä opinnäytetyön ja samalla työharjoittelun heille. Erityisesti haluan kiittää tuotantopäällikkö Eero Ollilaa, joka puski työtäni eteenpäin.

Kunnossapidon puolelta kiitokset lähtevät työnjohtaja Petri Pillille, joka järjesti työkalut ja apua työhön. Kiitokset lähtee myös asentaja Vesa Sinisalolle, joka toteutti laitteen sähkösuunnittelun ja kytkennät, sekä asentaja Saku Pillille, joka auttoi laitteen rungon kasaamisessa ja hitsauksessa.

Erytiskiitos lähtee Etteplanin Jan Härköselä, joka auttoi TIA Portalin ja logiikan väylien kanssa.

### 7.1 Arviointi

Kunnossapidon toiveena oli, että he saisivat laitteen, jolla he voisivat alkaa varmistamaan sähkömoottoreiden kuntoa ja samalla harjoittelemaan ohjelmoitavan logiikan käyttöä.

Työssä ei päästy tavoitteeseen, että toinen testipenkin moottoreista kuormittaisi toista. Muuten työ täyttää aluksi asetetut tavoitteet; kunnossapidon henkilöt pystyvät varmistamaan sähkömoottorin toiminnan ja pääsevät ottamaan ensi kosketuksia ohjelmoitavaan logiikkaan. Laitteistosta tuli myös tyylikkään näköinen ja sille löydettiin hyvä paikka kunnossapidon työpajalta.

### 7.2 Jatkokehitys

Testilaitteen jatkokehitys on melko selkeää ja siitä puhuttiinkin tilaajayrityksen kanssa ennen lähtöäni. Seuraavaksi laitteen moottorit tullaan kytkemään yhteen työssä mitoitellulla hammashihnalla, jotta moottoreiden kuormitus voidaan toteuttaa. Samalla laitte-

seen tullaan asentamaa suojakuori, jotta käsi tai jokin esine ei tartu pyörivään hammas-  
hihnaan. Testilaitteistoon on mahdollista myös liittää HMI-paneeli ja rajakytkimiä, esi-  
merkiksi suojakuoren yhteyteen.

## Lähteet

Automaatiojärjestelmät S7-300, M7-300 Yksikkötiedot. Verkkoaineisto. Siemens. <[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att\\_55806/v1/S7\\_M7\\_300\\_Baugruppendaten\\_fi.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55806/v1/S7_M7_300_Baugruppendaten_fi.pdf)> Luettu 9.11.2020

CPU 319F-3 PN/DP SIEMENS S7-300F – FAIL-SAFE CPUS. Verkkoaineisto. <<https://www.industry-mall.net/Categories/cpu-319f-3-pn-dp-siemens-s7-300f-fail-safe-cpus>> Luettu 9.11.2020

Hammashihnojen mitoitus- ja laskentakaavat. Verkkoaineisto. OEM Automatic. <<https://docplayer.fi/8310807-Hammashihnojen-mitoitus-ja-laskentakaavat.html>> Luettu 20.7.2020

Kinosmaa, Ilkka 2018. Epätahtikoneet. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 22.9.2020

Liljaniemi, Antti, 2018. Ohjelmoitavat logiikat. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 23.9.2020

Liljaniemi, Antti 2018. Ohjausjärjestelmät ja väylät 8. luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 23.9.2020

MIG/MAG-hitsaus. Verkkoaineisto. Esabin osaamiskeskus. <<https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>> Luettu 20.8.2020.

Mikä on taajuusmuuttaja. Verkkoaineisto. Danfoss. <<https://www.danfoss.com/fi/fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>> Luettu 22.9.2020

Moottorialusta. Verkkoaineisto. Laakerinetti. <[https://www.laakerinetti.com/s%C3%84hk%C3%96moottorik%C3%84ytt%C3%96moottorialustat-c-118\\_120.html](https://www.laakerinetti.com/s%C3%84hk%C3%96moottorik%C3%84ytt%C3%96moottorialustat-c-118_120.html)> Luettu 8.6.2020

Product Information on Reference Manual SIMATIC S7-300 Analog Output Module SM 332; AO 8 × 12 Bit. Verkkoaineisto. Siemens. <[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/526/12429526/att\\_32844/v1/a5e00171907\\_001\\_v1-do.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/526/12429526/att_32844/v1/a5e00171907_001_v1-do.pdf)> Luettu 9.11.2020

PROFIBUS Technology and Application. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/classic/appendix/iv-field-bus-description-en.pdf>> Luettu 22.9.2020

The modular multifunctional frequency converter. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/standard-performance-frequency-converter/sinamics-g120.html>> Luettu 9.11.2020

Totally Integrated Automation (TIA) Portal. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/tia-portal.html>> Luettu 9.11.2020

SL430 moottorialusta sähkömoottoreille 90-160



TILAUSINFO TUOTETOIVEET, PALAUTTEET YHTEYSTIEDOT

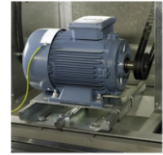
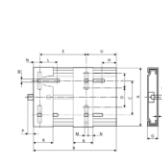
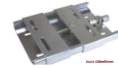
SL430 moottorialusta sähkömoottoreille 90-160  
[430x282]

78.89EUR

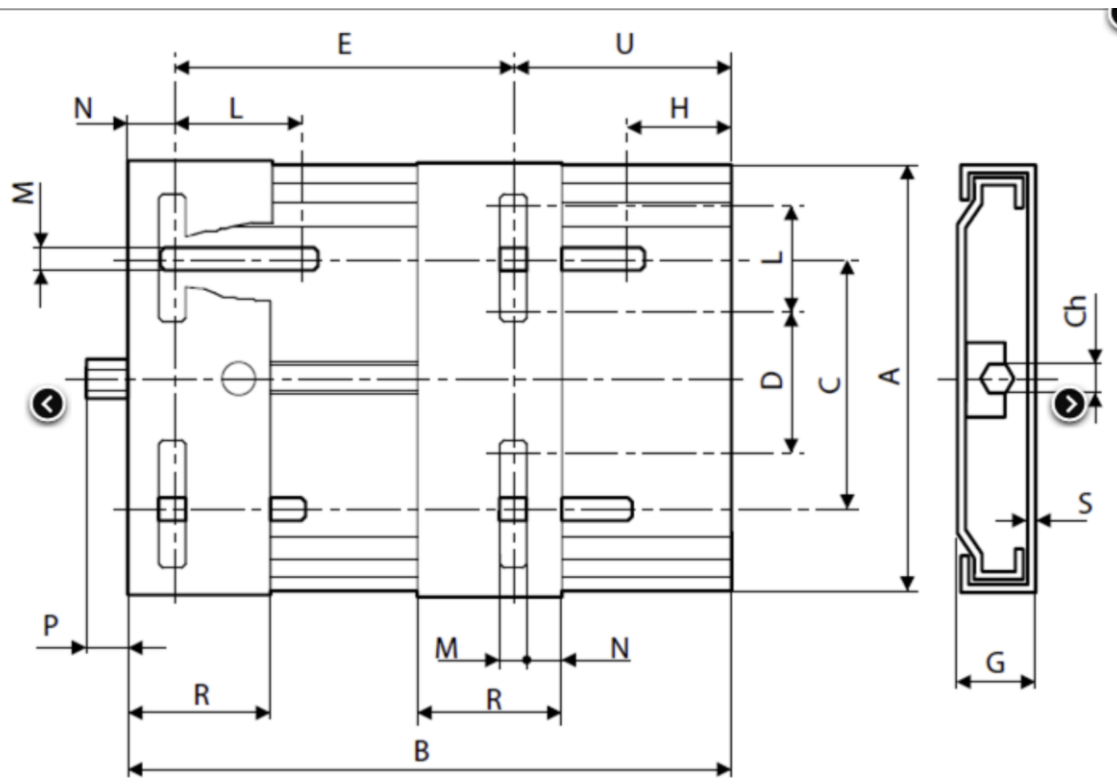
SL430 moottorialusta / moottoripeti säädettävä, sähkömoottoreille 90-160

- A = 282
- B = 430
- C = 165
- D = 90
- E min = 132
- G = 40
- H = 30
- L = 62
- M = 12,5
- N = 27
- P = 30
- R = 95
- S = 4 sinkitty teräslevy
- U = 271
- Ch = 22

Tuotteen saatavuus: 4 kpl varastossa



Klikkaa suuremmaksi

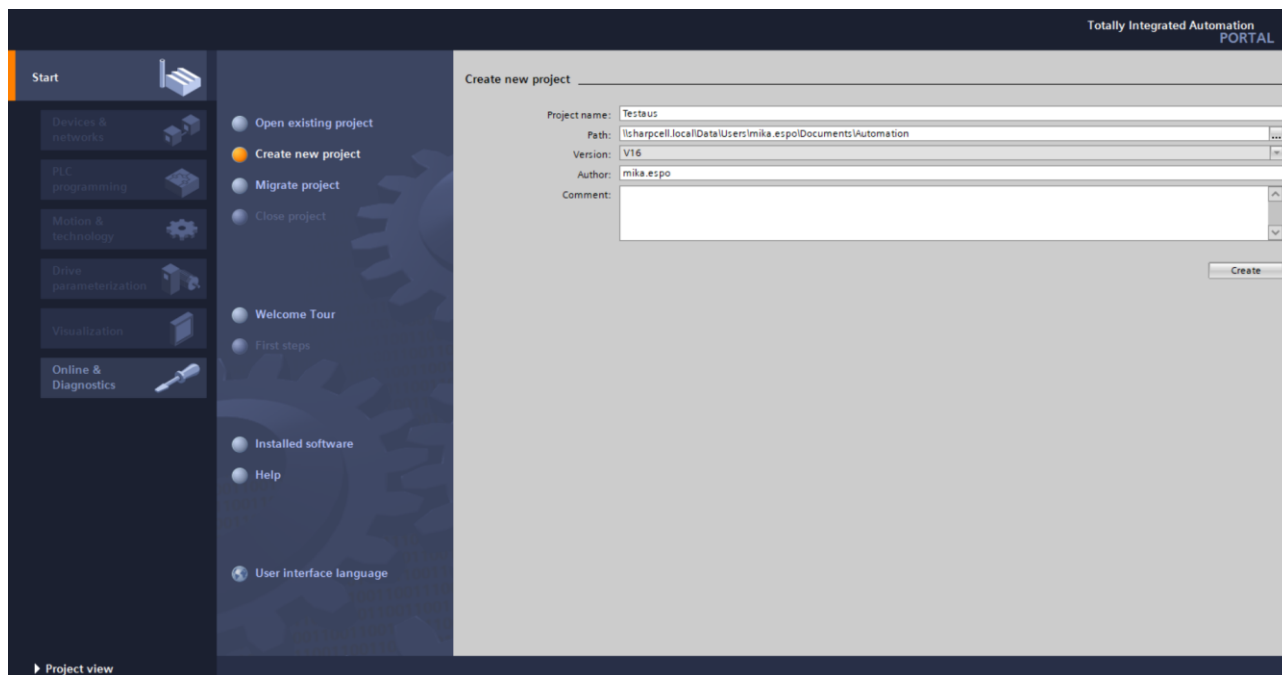


SL430 moottorialusta sähkömoottoreille 90-160

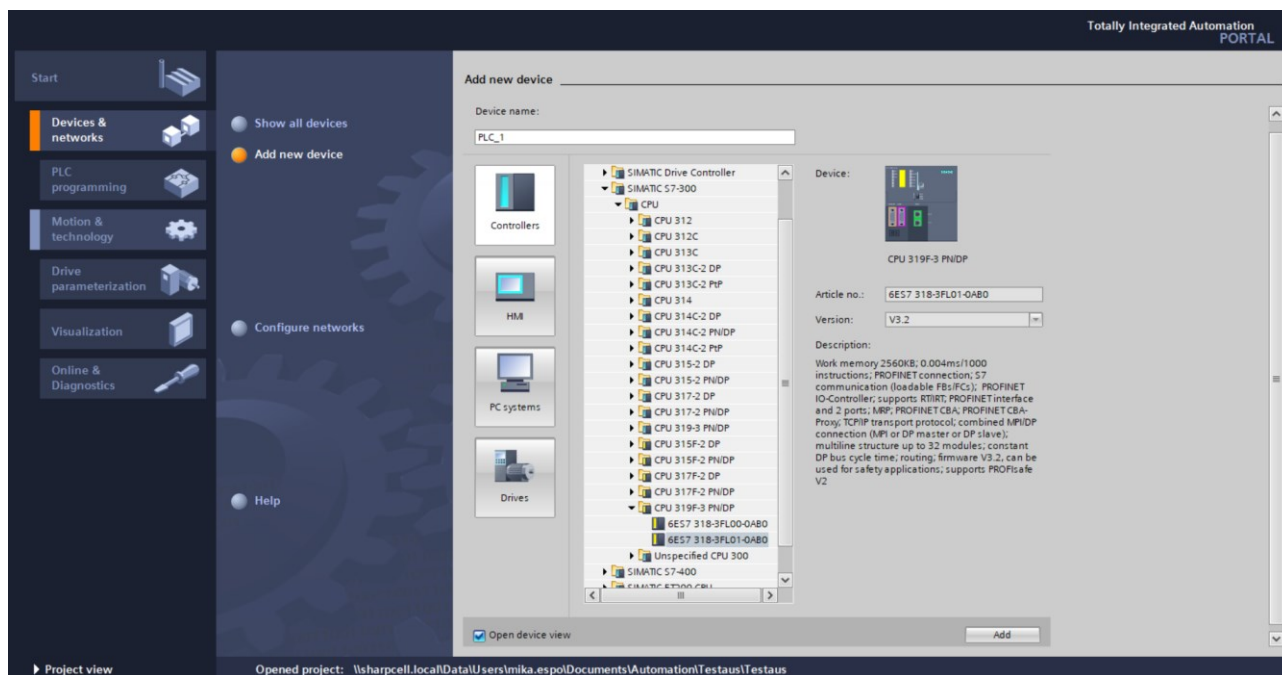
ille 90-160

## TIA Portal käyttöönotto ja taajuusmuuttajan ohjaus

Luodaan uusi projekti. Nimetään se ja valitaan tallennuspaikaksi haluttu osoite.



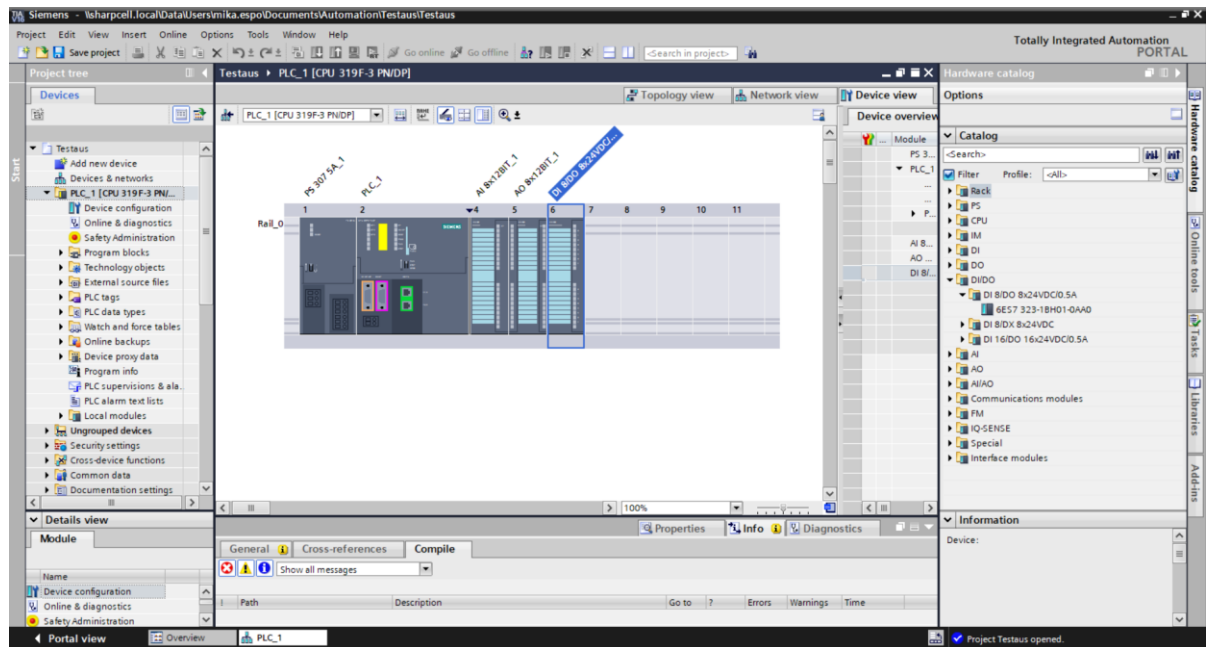
Valitaan seuraavaksi CPU, joka vastaa laitteistossa olevaa.



Seuraavaksi aukeaa itse sovellus. Painetaan vasemmasta listasta *PLC* ja *Devices & networks*.

*Devices view* -näytöllä raahataan oikeanpuoleisesta katalogista PLC:n muut toimilaitteet, kuten IO-kortit.

Näissä tulee varmistua, että laitteiden mallit ovat samoja kuin testipenkissä.

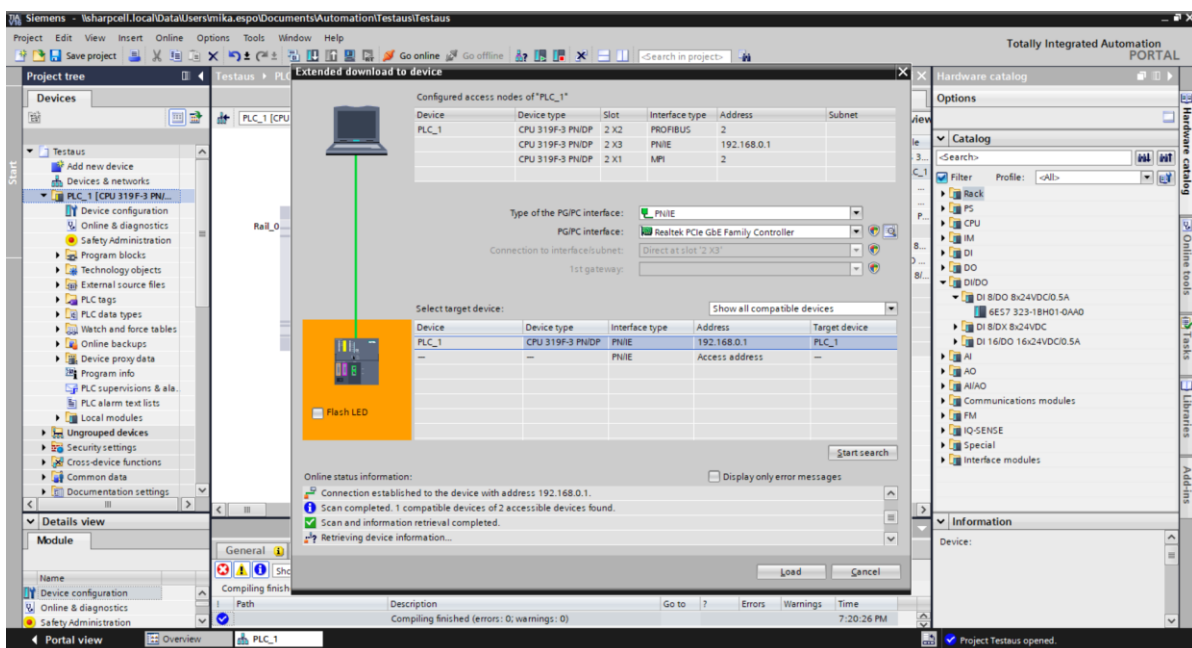


Tämän jälkeen painetaan hiiren oikealla napilla oikeanpuoleisesta katalogista PLC:n päältä ja valitaan sieltä *Compile* → *Hardware (Rebuild all)*.

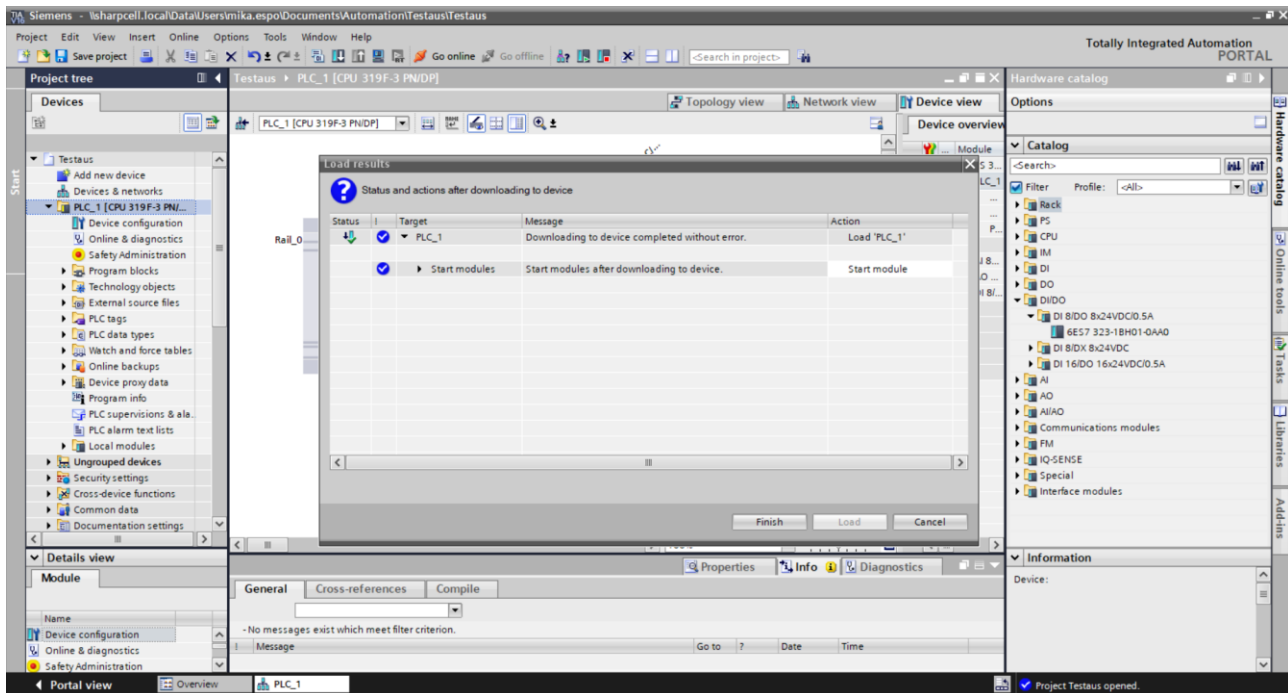
Tämän jälkeen painetaan uudestaan hiiren oikealla PLC:stä ja valitaan sieltä *Download to device* → *Hardware configuration*, jonka jälkeen aukeaa alla oleva näyttö.

Valitaan PLC ja painetaan *Load*. Kun taajuusmuuttaja on löytynyt, voi varmistua keskusteluyhteydestä painamalla Flash LED -painiketta, jolloin taajuusmuuttajassa alkaa vilkkumaan keltainen LED-lamppu

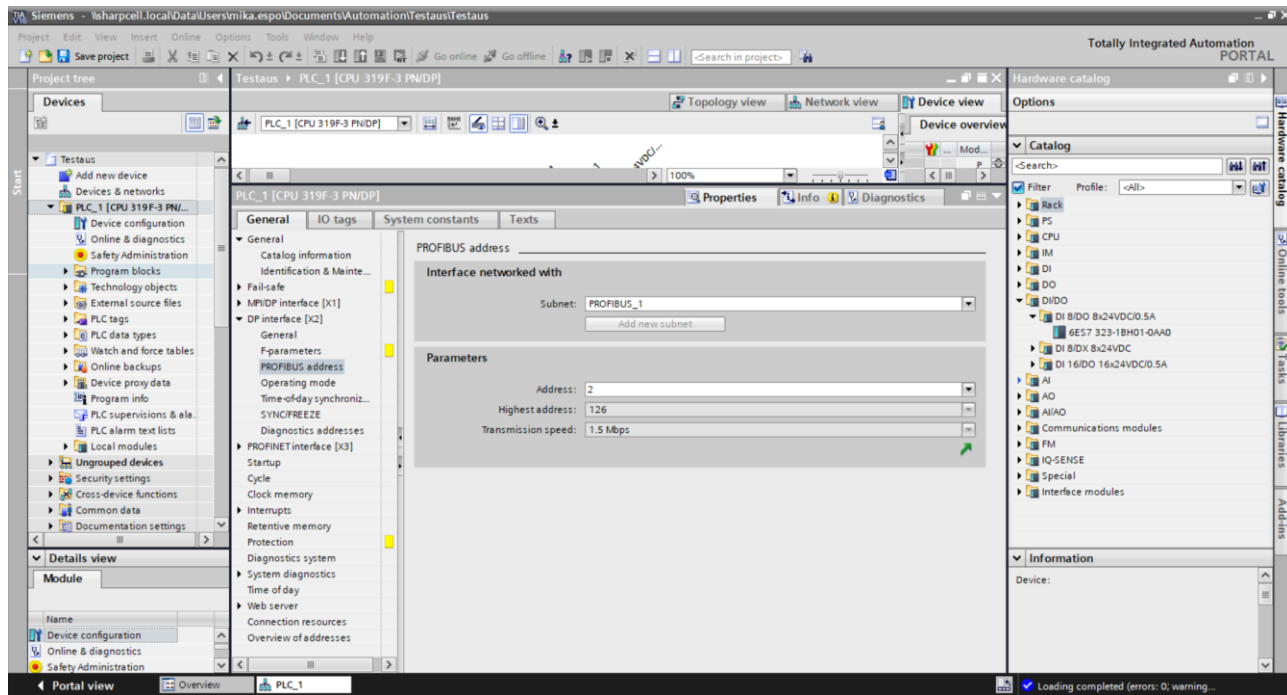




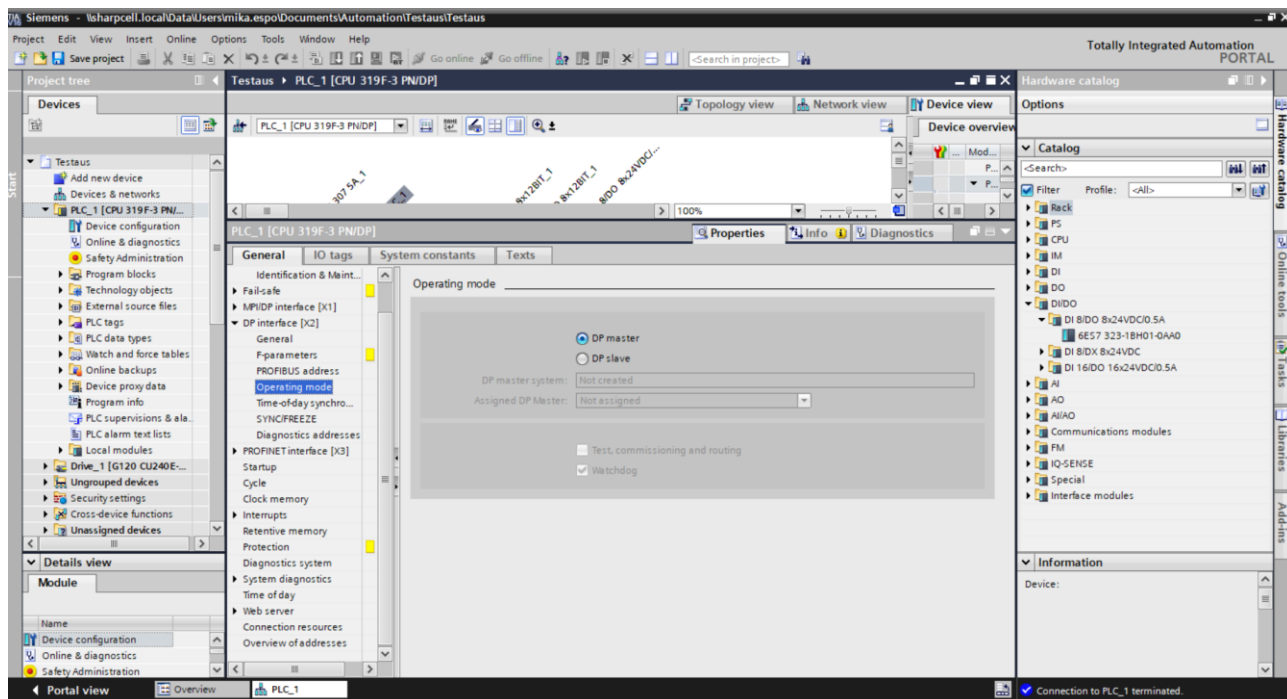
Tämän jälkeen painetaan *Finish* ja hardware configuration on suoritettu.



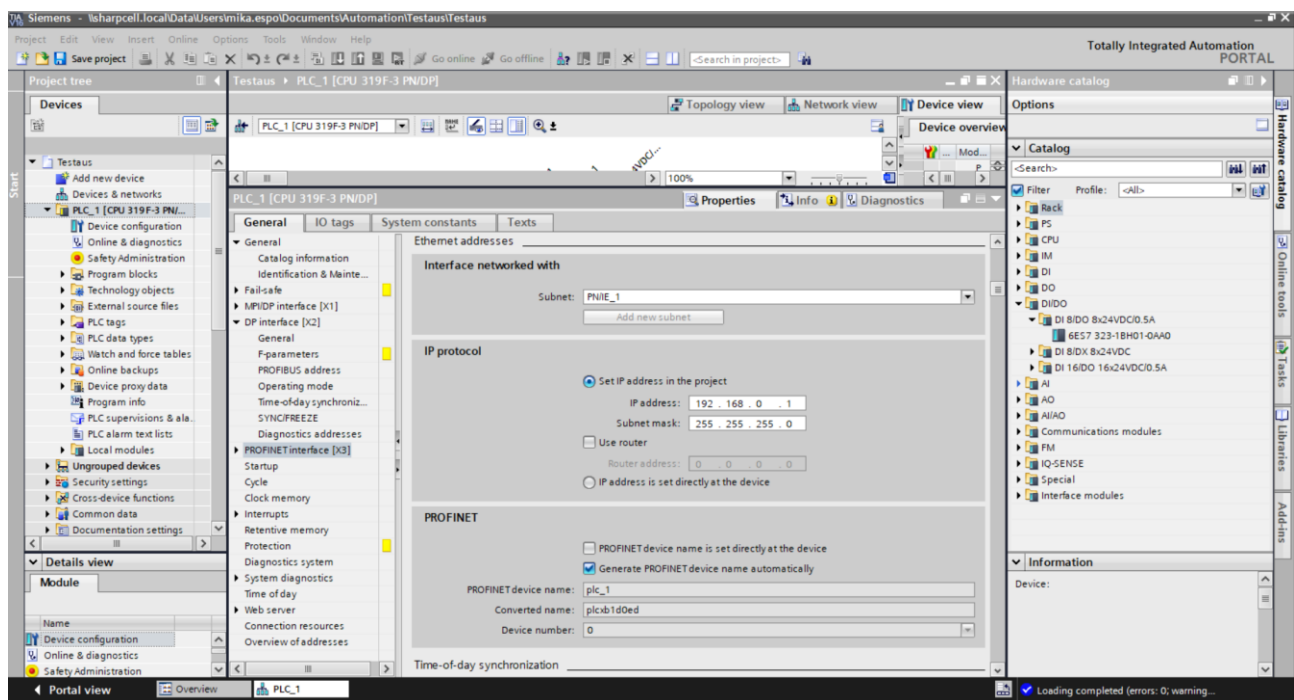
Seuraavaksi tarkistetaan Profibus osoite. PLC:n Device view ja vedetään alapalkki ylös. Siellä *DP interface* → *PROFIBUS address*. Lisätään uusi subnet ja valitaan osoitteeksi 2.



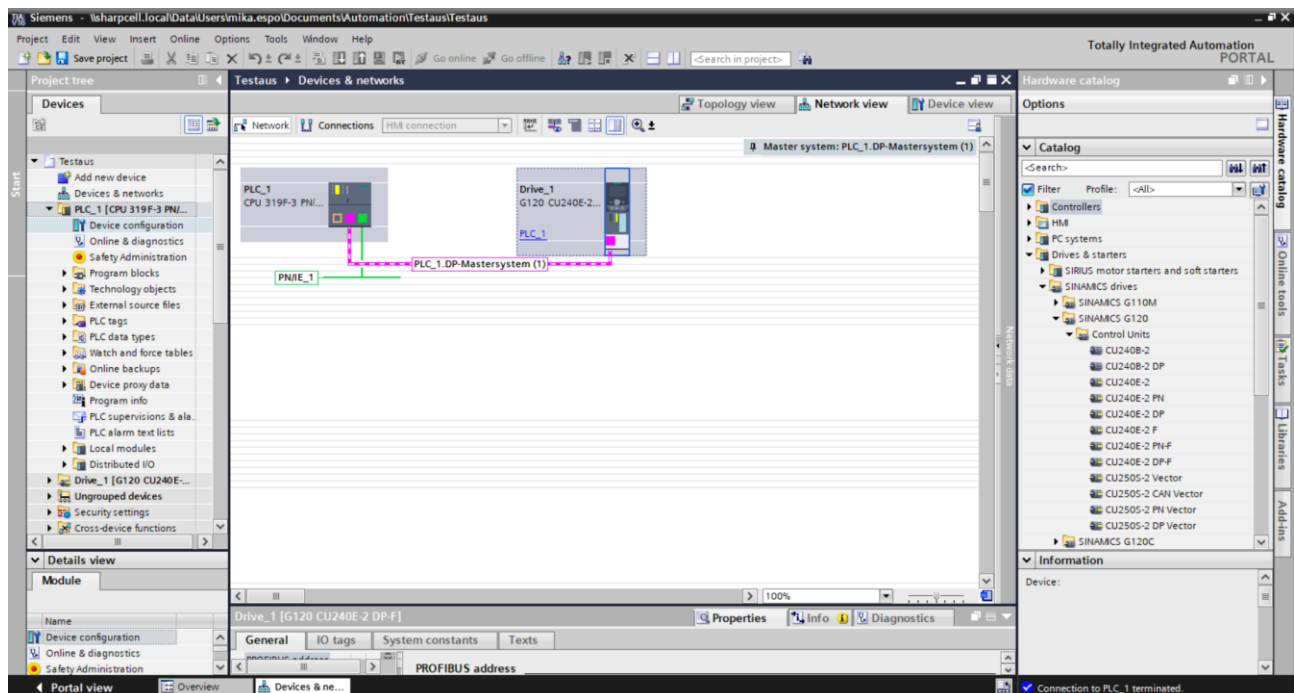
Varmistetaan vielä, että PLC on laitteiston master-käyttäjä. *DP interface* → *Operating mode*



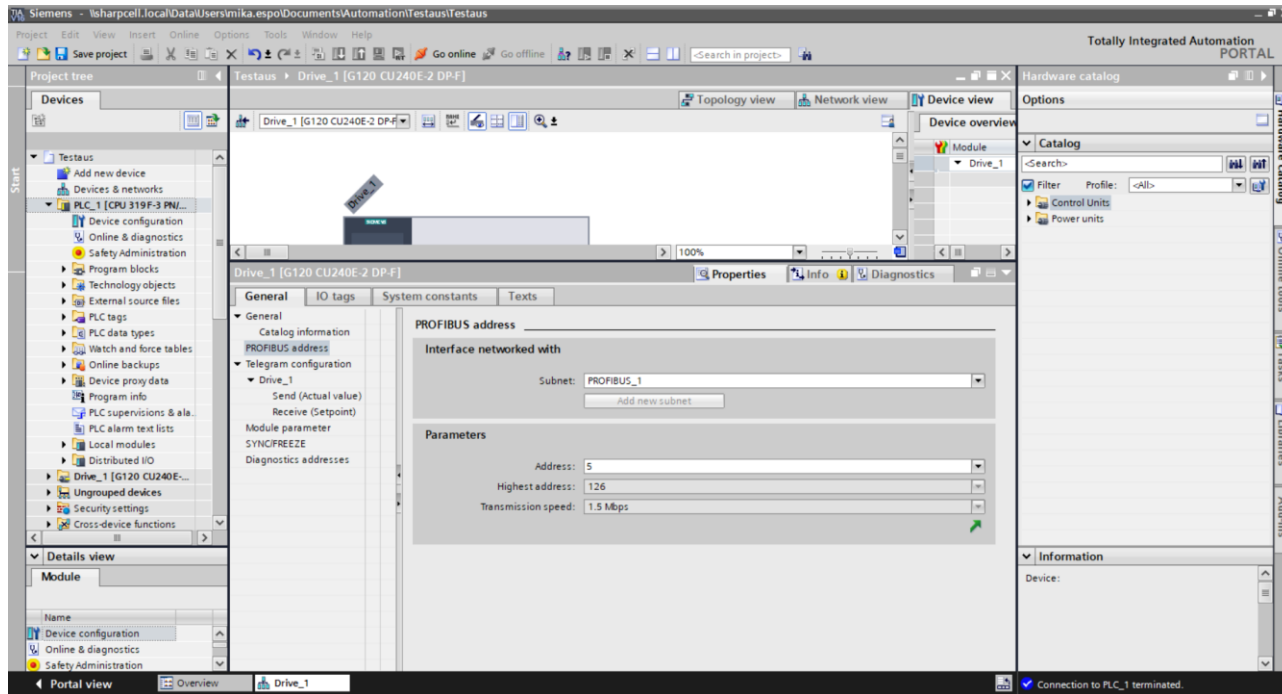
Varmistetaan vielä IP osoitteet alla olevan kuvan mukaiseksi. *PROFINET interface*



Seuraavaksi valitaan Network view ja raahataan sinne oikeanpuoleisesta katalogista Drive-yksikkö, joka on laitteista vastaava. Kun oikea Drive on löytynyt, vedetään PLC-kuvakkeen violetista täplästä Driven vastaavaan.

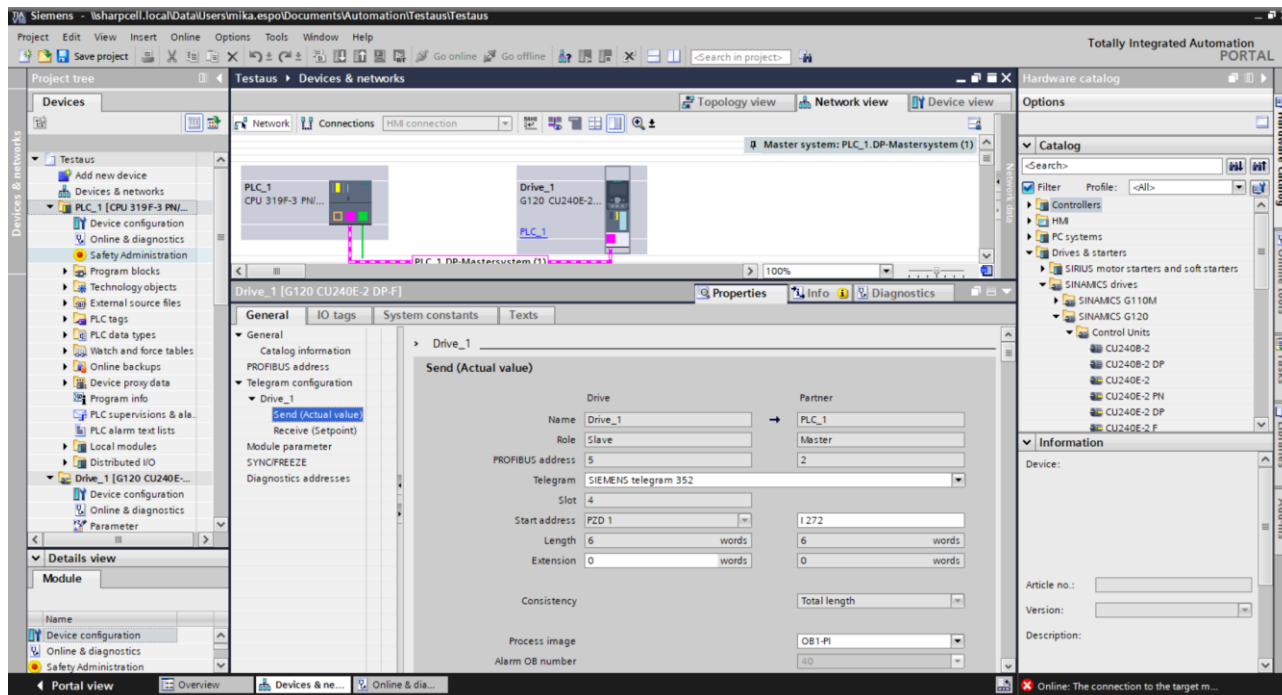


Seuraavaksi lisätään Device viewissä Driven PROFIBUS osoite vetämällä alhaalla oleva palkki ylös ja siellä *PROFIBUS address*. Lisätään uusi subnet ja valitaan osoitteeksi 5. Tämän lisäksi tulee myös varmistua, että itse laitteiston drivessä osoite on laitettu oikein. *BUS ADDRESS* painikkeet asetettu oikein.



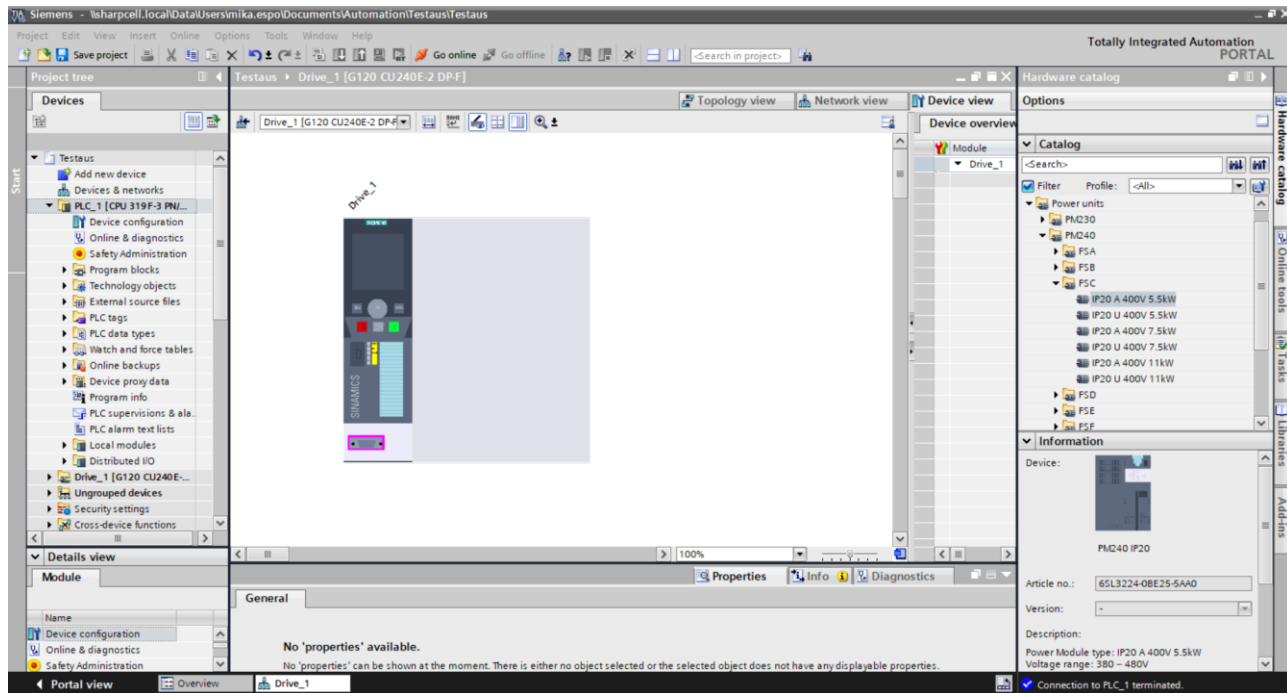
Seuraavaksi asetetaan DRIVEN Telegram osoite. *Telegram configuration* → *Drive* → *Send (Actual value)*.

Valitaan Telegram lähettävät viestimuoto on 352.



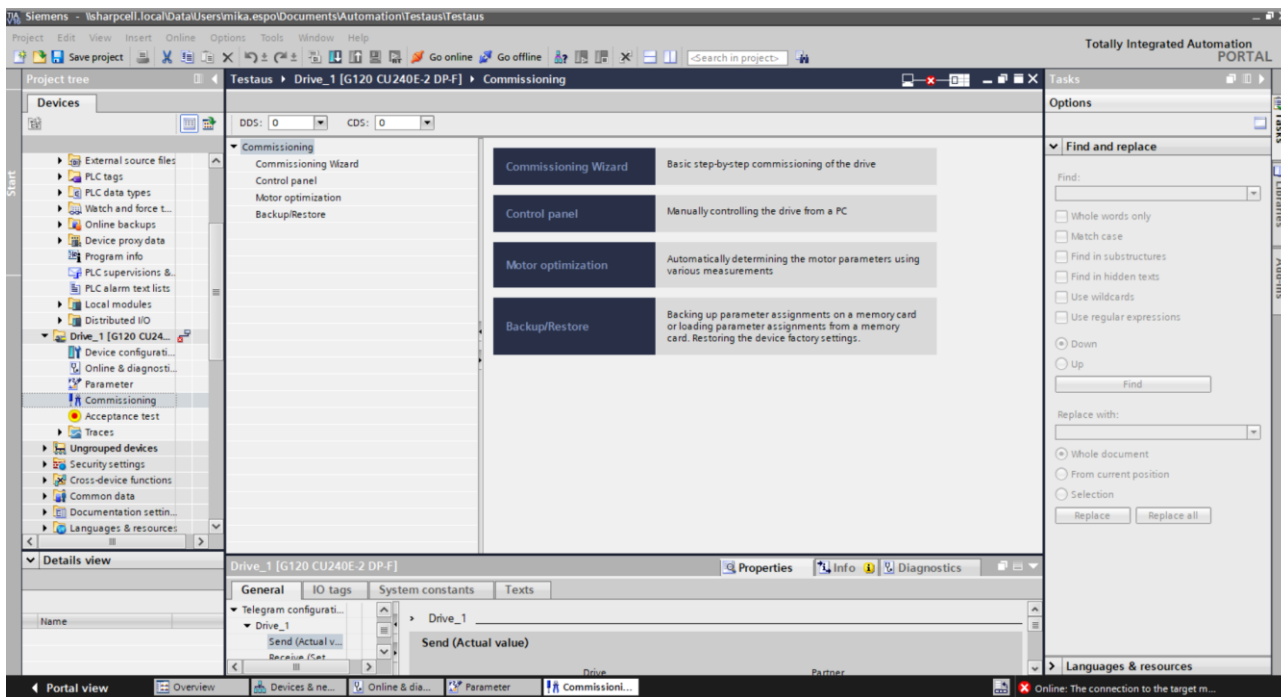
Lisätään Driveen vielä Power Module, joka vastaa laitteistoa.

Tässä tulee vielä varmistaa, että Power Modulen ja Driven versio(Firmware)- ja tuotenumerot ovat oikeat.

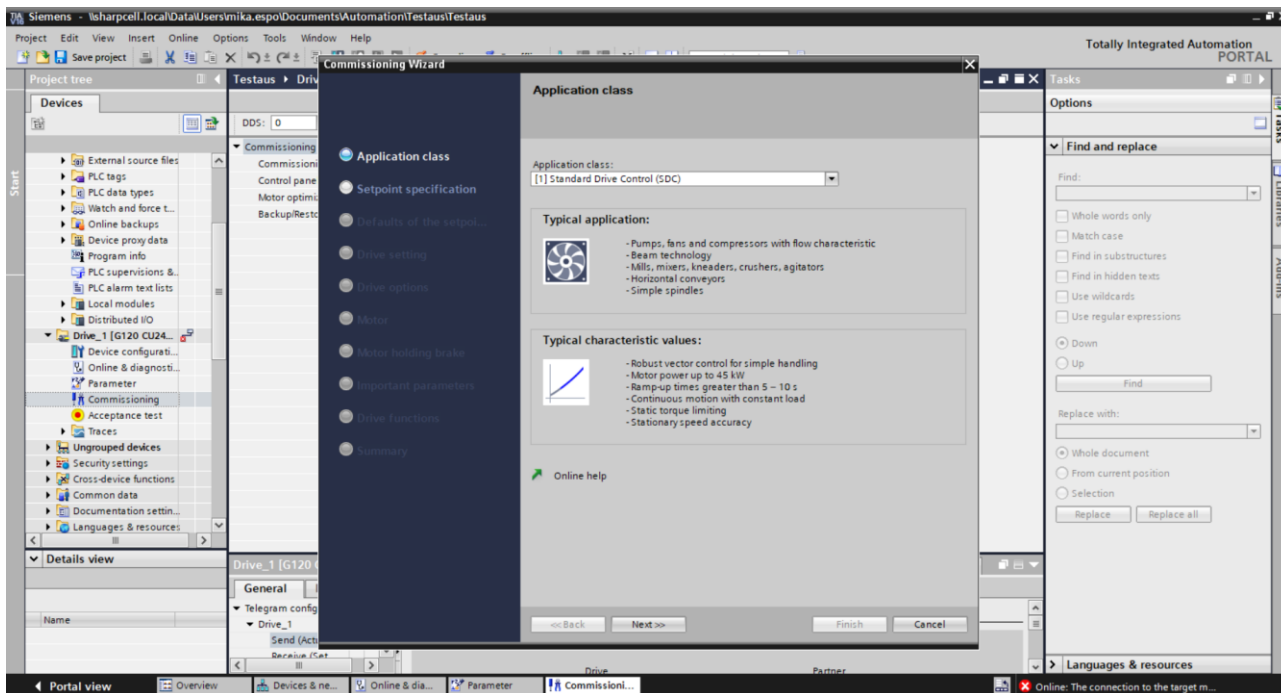


Seuraavaksi voidaan aloittaa moottorin parametrisointi.

Valitaan vasemmanpuoleisesta katalogista *Commissioning* ja sieltä *Commissioning Wizard*.

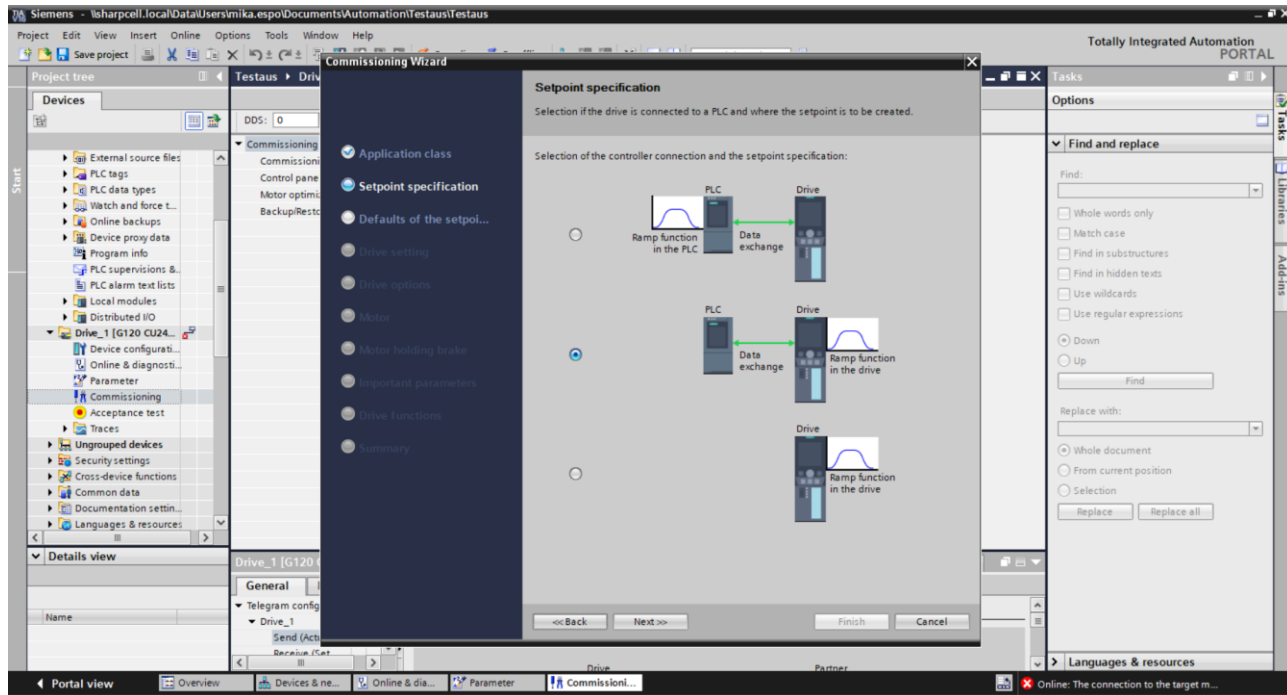


Seuraavaksi aletaan syöttämään moottorin tietoja.  
Kuten ajotapa.



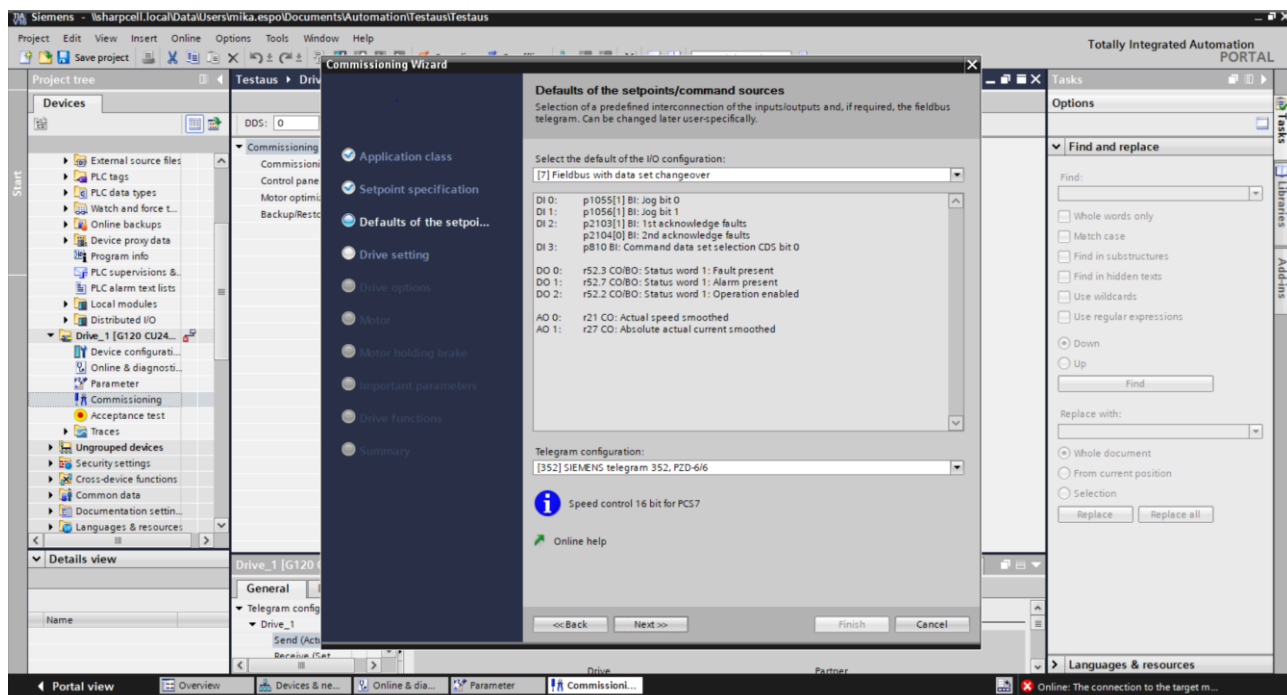
Setpoint specification -kohdassa valitaan, ohjataanko taajuusmuuttajaa PLC:llä eli logiikalla vai ohjataanko taajuusmuuttajaa taajuusmuuttajasta. Jos taajuusmuuttajan ohjaus

tapahtuu logiikalla, valitaan myös ohjaintaanko sillä kiihdytys- ja hidastusaikaa, vai tapahtuuko niiden ohjaus taajuusmuuttajalla.

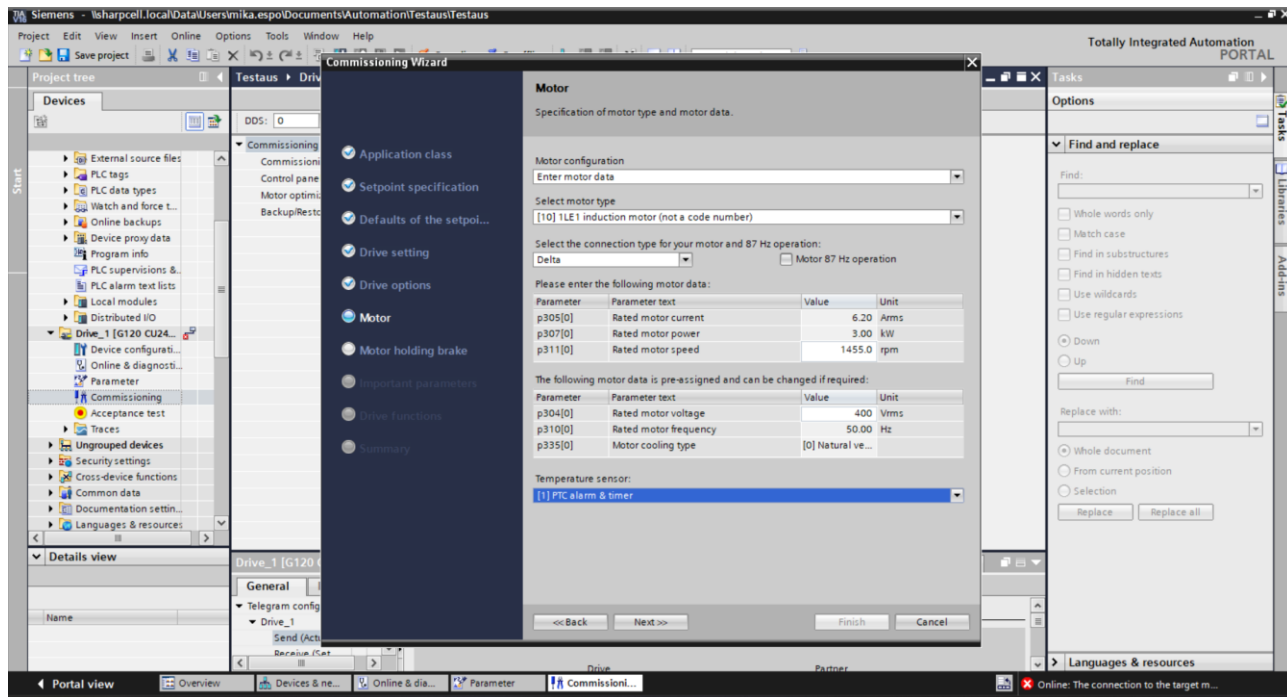


Seuraavaksi tehdään I/O konfiguraatio ja tässä sovelluksessa sopiva vaihtoehto on *Fieldbus with data set changeover*.

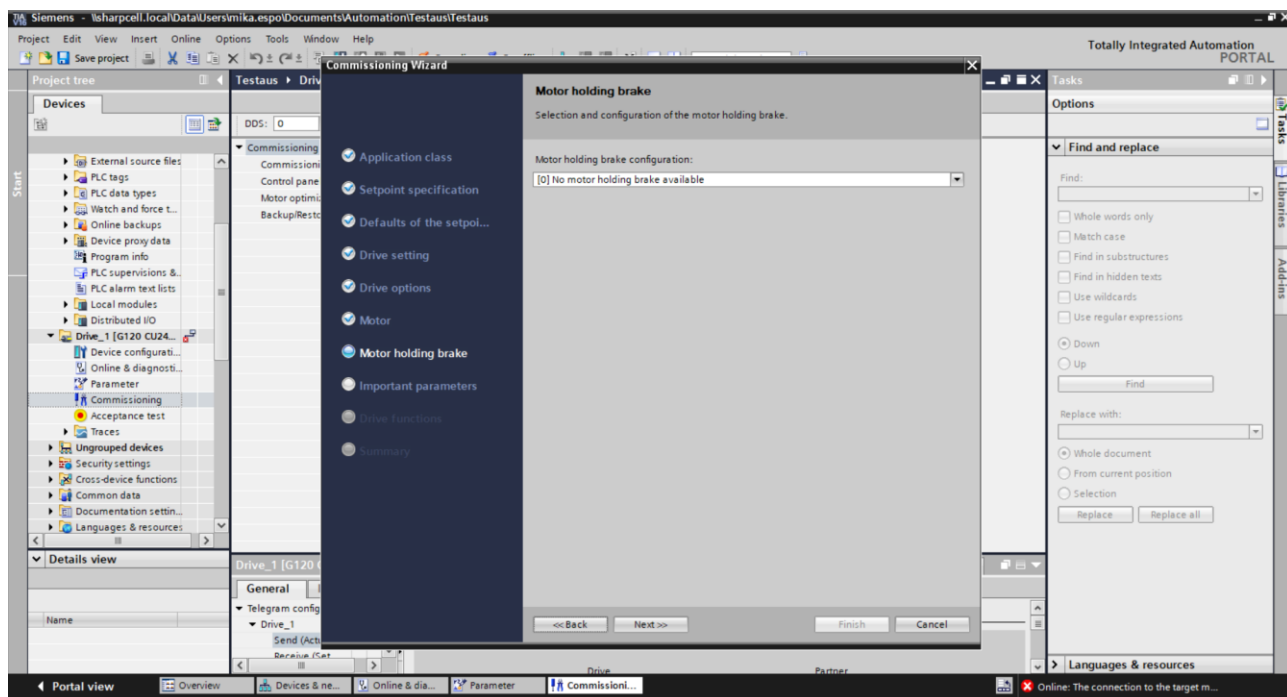
Varmistetaan vielä, että Telegram on Driven kanssa vastaava 352.



Seuraavaksi syötetään moottorin tiedot. Moottori voi löytyä listoista tai sen tiedot voi syöttää käsin lukemalla ne moottorin kilvestä.

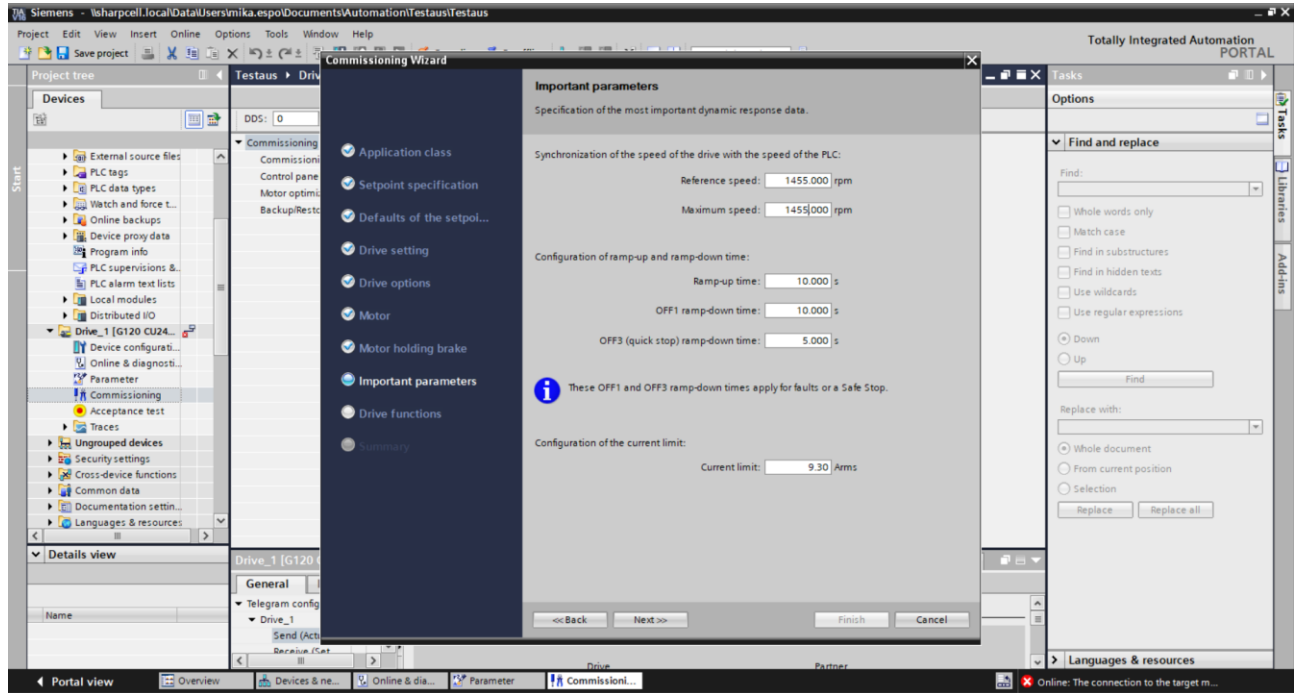


Seuraavaksi kysytään onko moottorilla jarruvastusta.

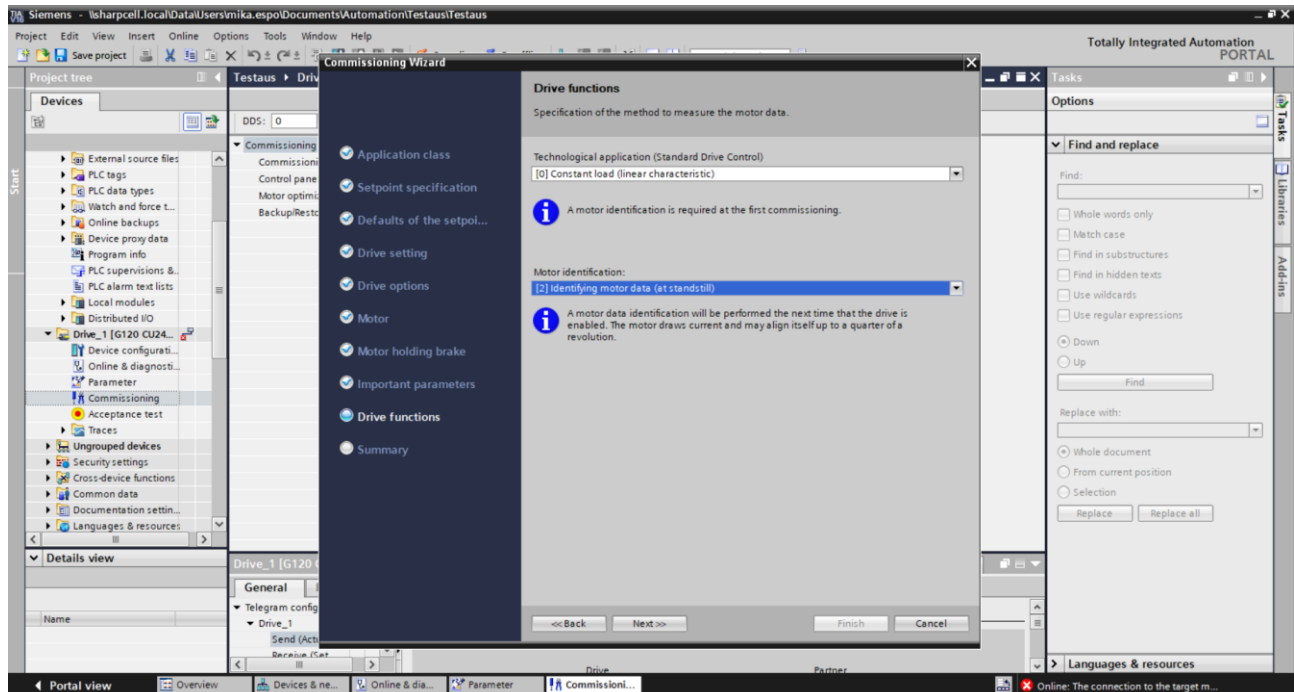




Seuraavaksi syötetään moottorin parametrit, kuten max nopeus ja ramppi- ja pysäytys-ajat.

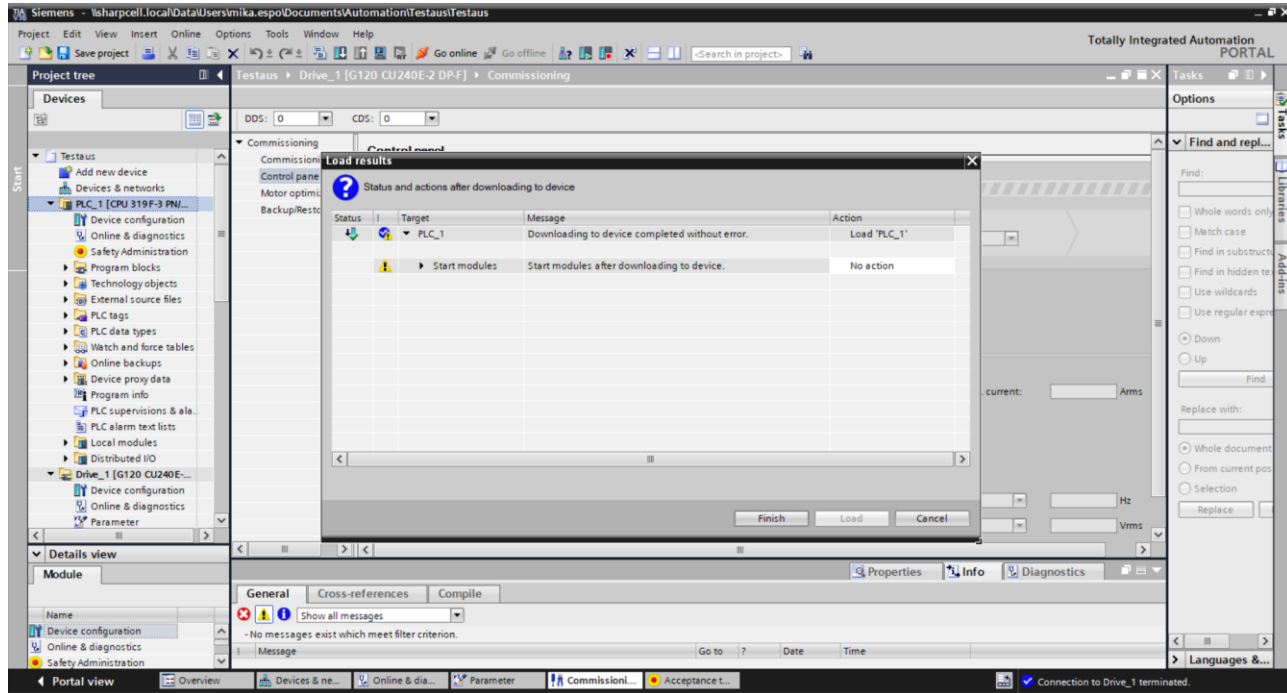


Valitaan vielä ajotapa ja moottorin tunnistus. Tässä sovelluksessa sopiva ajotapa on *Constant load* ja moottorin tunnistus *Identifying motor data (at standstill)*.



Tämän jälkeen moottorin parametrit on asetettu.

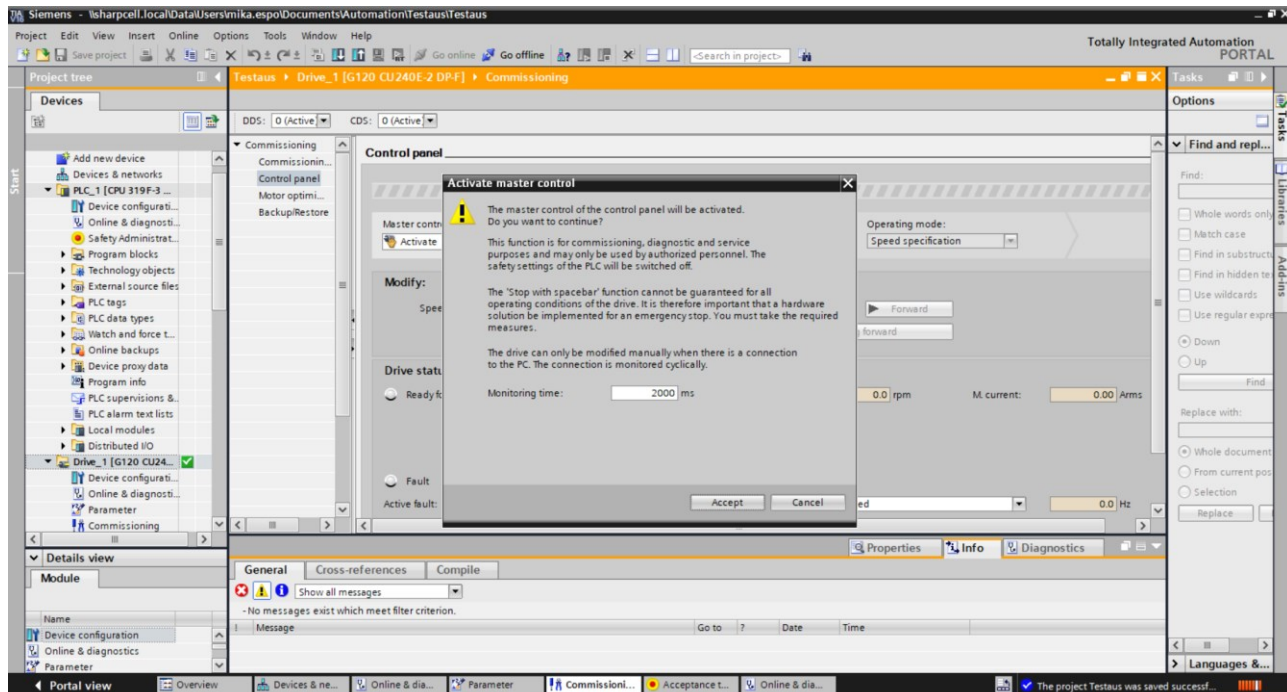
Seuraavaksi suoritetaan uudestaan PLC:n hardware configuration. Oikeanpuoleisesta katalogista *Download to device* → *Hardware configuration* ja ladetaan ohjelma.



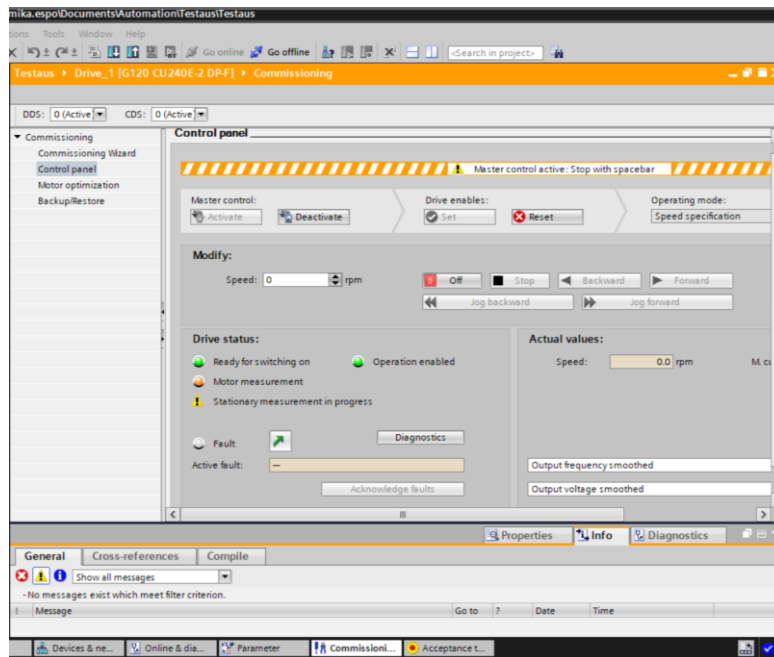
Tämän jälkeen painetaan oikeanpuoleisessa katalogissa Driven päältä ja valitaan *Go Online*.

Seuraavaksi mennään *Commissioning* välilehdelle ja valitaan *Control Panel*.

Siellä valitaan *Activate* ja *Monitoring time* on hyvä olla 2000 ms.



Tämän jälkeen painetaan *Jog Forward* ja annetaan ohjelman suorittaa mittaukset loppuun.



Kun keltainen varoituskyllti, **Stationary measurements in progress** on hävinnyt, painetaan **Set** painiketta, jonka jälkeen moottoria voi pyörittää.

Moottorille asetetaan kierrosnopeus Speed -kohdassa ja tämän jälkeen painetaan joko Forward tai Backward, riippuen siitä kumpaan suuntaan moottoria halutaan pyörittää.

Ohjauspaneelilla näkyy moottorin arvoja, kuten virta, taajuus, ampeerit. Näytettäviä arvoja voi myös vaihtaa haluamakseen oikean alareunan valikoista.

Kun mittaukset on suoritettu, painetaan *Stop* → *Off* → *Deactivate*.

Tämän jälkeen yläpalkista *Go offline*.

