

Juho Toivanen

TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS OHJAUSPANEELILLA

TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS OHJAUSPANEELILLA

Juho Toivanen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Automaatiotekniikka

Tekijä: Juho Toivanen

Opinnäytetyön nimi: Taajuusmuuttajan ohjaus ohjauspaneelilla

Työn ohjaaja: Pasi Kristo, Manne Tervaskanto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: esim. 53 + 1 liitettä

Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää jäätelönpakkauslinjastolla olevan hillon annostelupumpun taajuusmuuttajan ohjaus paikallisnäytöltä logiikalle sekä ohjauspaneelille. Työn toimeksiantaja oli Valio Oy Oulun meijeri.

Tehtävänä oli luoda suunnitella ohjelma, piirikaaviot sekä laitteisto käyttäen Siemens TIA Portal sekä CADMATIC 2023 Electrical -ohjelmistoja.

Työn alkuosassa käydään läpi Valio Oy:n historiaa sekä toimenkuvaa. Työn teoriaosuudessa käsitellään käytettyjen laitteiden ominaisuuksia sekä toimintaperiaatteisia. Myös työssä käytettyjä tiedonsiirtomenetelmiä sekä niihin liittyviä hyötyjä, haasteita sekä rajoituksia käydään läpi.

Työn käytännön osiossa käydään läpi ohjelman luominen, ohjelman rakenne sekä tiedonsiirtoyhteyden konfigurointi vaiheittain. Työssä käytetty laitteisto esitellään.

Työn tiukan aikataulun vuoksi, siihen jäi kohtia, joita olisi voinut vielä kehittää. Opinnäytetyöprosessin tuloksena syntyi kuitenkin vaatimukset täyttävä sekä toimiva laitekokonaisuus. Ohjelmoitavan logiikan sekä ohjauspaneelin avulla pystyttiin ohjaamaan hillon annostelupumpun pyörimisnopeutta PROFIBUS DP -väylän kautta.

Asiasanat: automaatio, ohjelmoitava logiikka, ohjauspaneeli, taajuusmuuttaja, rajapinta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme on Electrical and Automation Engineering, Option of Automation

Author: Juho Toivanen
Title of thesis: Control of a frequency converter using a control panel
Supervisors: Pasi Kristo, Manne Tervaskanto
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: 53 + 1 appendix

The objective of this thesis was to update the control of the frequency converter for the jam dispensing pump on the ice cream packaging line from the local display to the logic controller and control panel. The project was commissioned by Valio Oy Oulu dairy.

The task was to design a program, circuit diagrams, and hardware using Siemens TIA Portal and CADMATIC 2023 Electrical software.

The initial part of the thesis introduces the history and profile of Valio Oy. The theoretical section covers the characteristics and operating principles of the equipment used. Additionally, the data transfer methods used in the project, along with their benefits, challenges, and limitations, are discussed.

The practical section of the thesis describes the creation of the program, the program structure, and the step-by-step configuration of the data transfer connection. The hardware used in the project is presented. The stages of commissioning the hardware setup are also reviewed.

Due to the tight schedule of the project, some aspects could have been further developed. However, the thesis resulted in a compliant and functional hardware setup. Using the programmable logic controller and the control panel, it was possible to control the rotation speed of the jam dispensing pump via the PROFIBUS DP bus.

Keywords: Automation, Programmable logic controller, control panel, frequency converter, interface

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | PROJEKTIN LAITTEISTO JA SOVELLUKSET | 8 |
| 2.1 | Siemens S7-300 logiikka | 8 |
| 2.1.1 | Jännitelähde (PS) | 8 |
| 2.1.2 | Logiikka (CPU) | 11 |
| 2.2 | Ohjauspaneeli | 12 |
| 2.3 | Ohjelmisto Siemens TIA Portal | 13 |
| 2.3.1 | Organization block | 13 |
| 2.3.2 | Functions | 13 |
| 2.3.3 | Function block (FB) | 13 |
| 2.3.4 | Global datablock (Global DB) | 14 |
| 3 | MOOTTORIOHJAUKSEN TIEDONSIIRTOTAVAT | 15 |
| 3.1 | Analoginen ohjausviesti | 15 |
| 3.2 | PROFIBUS | 15 |
| 3.3 | PROFINET | 16 |
| 4 | TAAJUUSMUUTTAJA | 18 |
| 4.1 | Skalaarisäätö | 18 |
| 4.2 | Skalaarivektorisäätö | 19 |
| 4.3 | Suora momenttisäätö | 20 |
| 4.4 | Tiedonsiirto | 21 |
| 5 | LAITTEISTON KONFIGUROINTI SIEMENS TIA PORTAL -OHJELMISTOLLA | 23 |
| 5.1 | Tiedonsiirtoyhteyden konfigurointi | 26 |
| 5.2 | Ohjelman rakenne | 29 |
| 5.3 | HMI-näytön suunnittelu | 35 |
| 6 | KENTTÄKOTELON SUUNNITTELU | 39 |
| 7 | TAAJUUSMUUTTAJAN PARAMETROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO | 41 |
| 8 | YHTEENVETO | 43 |
| | LÄHTEET | 44 |
| | LIITTEET | 46 |

1 JOHDANTO

Nykyään teollisuuden tuotantolinjastoilla toimilaitteiden ohjaus toteutetaan ohjelmoitavien logiikkojen sekä käyttöliittymien avulla eikä manuaalinen paikan päällä tehtävä laitteiden ohjaus ole tarpeellista. Teknologian kehittyessä käyttöliittymien hyödyntäminen teollisuudessa on kasvanut valtavasti, sillä se luo mahdollisuudet helppokäyttöisten sekä luotettavien rajapintojen suunnitteluun. Käyttöliittymät sekä näyttölaitteet ovat ihmisen ja laitteen välisiä rajapintoja (HMI eli Human Machine Interface). Rajapintojen modernisointi on teollisuuden näkökannalta tärkeää, sillä laitteiden käyttöä halutaan helpottaa niin, että jokainen osaisi mahdollisimman pienen opettelu- ja perehdyttämisen jälkeen niitä käyttää.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajalla Valio Oy Oulun meijerillä on jäätelönpakkauslinjastolla käytössä ABB:n taajuusmuuttaja, jolla ohjataan hillon annostelupumppua. Prosessinohitaja ohjaa hillon annostelupumpun pyörimistaajuutta tarpeen mukaan taajuusmuuttajan paikallinäytöltä näppäiltävän taajuusohjeen avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena on jäätelönpakkauslinjastolla olevan hillon annostelupumpun rajapinnan modernisointi. Työssä suunnitellaan ohjelmoitavalle logiikalle ohjelma käyttäen Siemens TIA Portal -ohjelmointityökalua. Prosessialueelle suunnitellaan sekä asennetaan kenttäkotelo, mihin ohjelmoitava logiikka sekä ohjauspaneeli sijoitetaan. Käyttöliittymän suunnittelussa on tavoitteena mahdollisimman helppokäyttöinen ja selkeä käyttöliittymä. Työssä hyödynnetään jo valmiiksi olemassa olevia laitteita sekä komponentteja.

Valio Oy on 1905 perustettu kotimainen elintarvikeyritys, jonka nykyään omistavat 13 suomalaista maidontuottajaosuuskuntaa. Valio Oy jalostaa ja markkinoi pääasiassa maitotuotteita. Valiolla on 12 tehdasta eri puolilla Suomea, joihin kuuluu viisi tuoretuotetehdasta, neljä jauhetehdasta, yksi mehutehdas, yksi voitehdas ja yksi hillotehdas. Valiolla on Suomessa tehtaiden lisäksi viisi juustola.

Valio Oy:n Oulun meijeri perustettiin Oulun Uusikadulle vuonna 1923, josta se siirtyi Maikkulaan uuden tehtaan valmistuttua vuonna 1982. Oulun tuoretuotemeijerissä valmistetaan useita maitotuotteita kuten maitoa, kermaa, piimää, viiliä, kermaviiliä, smetanaa, ranskankermaa, jogurttia, kefiiriä ja jäätelöä. Maitoa vastaanotetaan vuodessa n. 79 milj. litraa 190 eri tilalta. Maitotilat, joilta

Oulun meijeri vastaanottaa maitonsa, sijaitsevat alle 100 km:n etäisyydellä tehtaasta, joten maito säilyy tuoreena. Oulun meijeri työllistää yli 270 henkilöä monilta eri aloilta ja tuottaa yhteensä yli 74 milj. kg/L maitotuotteita vuodessa.

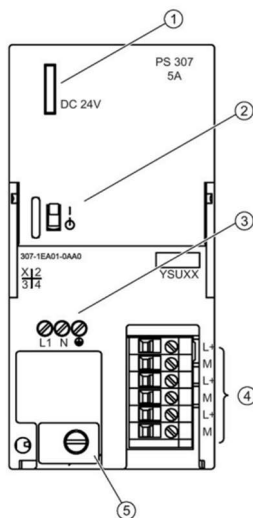
2 PROJEKTIN LAITTEISTO JA SOVELLUKSET

2.1 Siemens S7-300 logiikka

Tässä työssä käytettiin S7-300-tuotesarjaan kuuluvaa ohjelmoitavaa logiikkaa. Tämän työn S7-300-tuotesarjaan kuuluva ohjelmoitava logiikkakokonaisuus koostuu asennuskiskosta, 24VDC-jännitelähteestä, CPU:sta, DI-kortista sekä DO-kortista. S7-300-tuotesarjan ohjelmoitavat logiikat noudattavat IEC 61131-2 -standardin mukaisia kriteerejä ja vaatimuksia. (1.)

2.1.1 Jännitelähde (PS)

Opinnäytetyössä ohjelmoitavan logiikan sekä Simatic KTP400 Comfort -ohjauspaneelin jännitelähteenä käytettiin Siemensin PS 307 5 A -jännitelähdettä (kuva 1). (2).

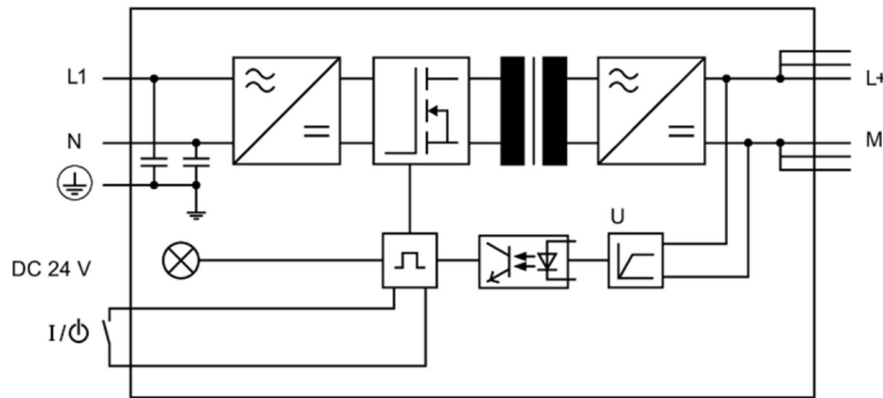


KUVA 1. Siemens PS 307 5 A (2)

Kuvassa 1 on numeroilla merkitty seuraavat:

1. LED-indikaattori 24VDC-jännitteen toiminnasta
2. Dip-kytkin 24VDC On/Off
3. 230VAC syötön liitännät
4. 24VDC lähtöjen terminaalit
5. Vedonpoisto 230VAC johtimille.

Jännitelähteelle tuotiin sähkökeskuksesta 230VAC jännite, joka muutetaan 24VDC lähdöksi aiemmin mainituille laitteille. Työssä käytetty jännitelähde pystyy tuottamaan 5 A virran, joten se riitti mainiosti ohjauspaneelille sekä CPU:lle. PS 307 5 A:n (6ES7307-1EA01-0AA0) etuvarokkeena toimii 6 A:n C-käyrän 6 kA:n johdonsuojakatkaisija. Kuvassa 2 esitellään PS 307 5A:n lohkokaavio (kuva 2). (2.)



KUVA 2. PS 307 5 A -jännitelähteen lohkokaavio (2)

24VDC lähdön dynaamisessa ylikuormituksessa eli virran ollessa yli 6,5 A, PS 307 automaattisesti tiputtaa lähdön jännitettä sekä alkaa vilkuttamaan 24VDC LED-indikaattoria. Jännite palautuu automaattisesti normaalille tasolle ylikuormituksen poistuessa. Staattisessa ylikuormituksessa eli virran ollessa yli 5 A mutta alle 6,5 A jännite tippuu ja pitemmän päälle voi aiheuttaa laitteen elinkaaren lyhenemistä. 24VDC lähtöjen oikosulkutilanteessa jännite tippuu 0VDC tasolle sekä palautuu takaisin automaattisesti, kun oikosulku on saatu poistettua. 230VAC syötön puolella ylijännite saattaa rikkoa moduulin. (2.)

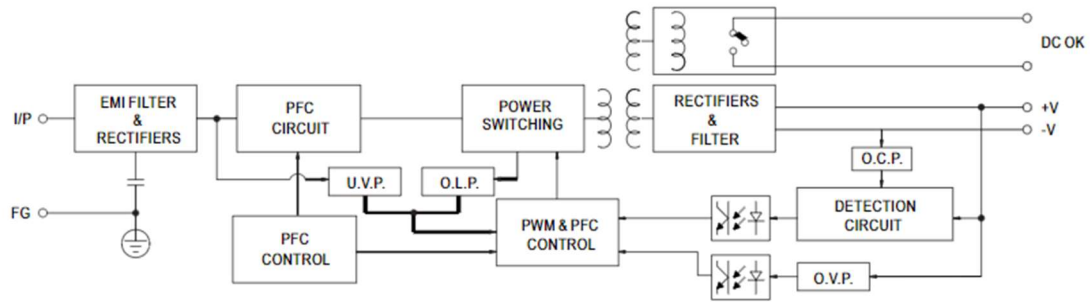
Hätä-seis-piirin Pilz PNOZ X7 -turvareleelle tarvittiin oma erillinen jännitelähde, sillä sen nimellisvirta ylitti ohjelmoitavan logiikan jännitelähteen nimellisvirran. Turvareleelle käytettiin Mean Wellin säädettävää SDR 120–24 -jännitelähdettä (kuva 3).



KUVA 3. Jännitelähde SDR-120-24

Jännitelähteen etuvarokkeena toimii 6 A:n C-käyrä 6 kA:n johdonsuojakatkaisija. Syötön jännitealue on 88–264VAC. Lähdön tasajännite on säädettävissä 24–28VDC. Jännitelähde kestää lähdön 110–150 % ylikuormituksen kolmen sekunnin ajan sekä yli 150 % ylikuormituksen kahden sekunnin ajan, jos ylikuormitus on 110–150 %:n rajoissa, mutta kestää yli kolme sekuntia, lähtöjännite kytkeytyy pois ja palautuu automaattisesti. Virran ollessa yli 150 % nimellisvirrasta tai oikosulun kestäessä alle kaksi sekuntia jännitelähde palautuu automaattisesti, mutta tilanteen kestäessä yli kaksi sekuntia lähdön jännite kytkeytyy pois päältä. (3.)

Jännitelähde on varustettu DC OK -releellä, joka on kytketty lähdön rinnalle monitoroimaan jännitettä. Kun lähdön jännite saavuttaa 90 % säädetyn jännitteen arvosta, DC OK -releen kontaktori sulkeutuu ja jännitelähteen päällä oleva LED-indikaattori syttyy kertoen käyttäjälle, että lähtö toimii tarkoituksen mukaisesti. DC OK -reletietoa voidaan käyttää esimerkiksi vikadiagnostiikassa tuomalla reletieto PLC:lle. Kuvassa 4 näkyy, miten DC OK -rele on kytketty 24VDC lähdön rinnalle. (3.)



KUVA 4. SDR-120-24 lohkokaavio (3)

2.1.2 Logiikka (CPU)

Keskussuoritin toimii niin sanottuina "aivoina" ohjelmoitavan logiikan sisällä. Keskussuorittimen piirilevyn olennaisimmat komponentit ovat mikroprosessori, muistisiru sekä yhteysliitännät laitteiden kanssa kommunikointia varten. Keskussuoritin vastaanottaa tietoa siihen liitettyjen laitteiden tuloista ja tallentaa nämä tiedot sisäiseen muistiin. Kun sisäinen muisti on päivitetty, keskussuoritin suorittaa sille syötetyn ohjelman ja muuttaa sille määriteltyjen lähtöjen arvoja tulojen perusteella. Keskussuoritin suorittaa ohjelmaa uudelleen ja uudelleen sille erikseen määritetyn sykliajan välein. (4.)

Tässä työssä ohjelmoitavan logiikan keskussuorittimena käytettiin CPU315-2 DP-suoritinta (kuva 5). Keskussuoritin toimii laitteiden aliverkossa isäntälaitteena (Master) ja sen tehtäviin kuuluu ohjelman suorittaminen sekä aliverkossa olevien orjalaitteiden (Slave) kanssa kommunikoiminen. CPU on liitetty PROFIBUS-väylään X2 DP -portista kaweflex 2458 TKD -kaapelilla. (1.)



KUVA 5. Siemens CPU315-2DP

2.2 Ohjauspaneeli

Opinnäytetyössä ohjelmoitavan logiikan ohjauspaneelina käytettiin Simatic KTP 400 comfort -paneelia (kuva 6). Paneelin etuvarokkeeksi valittiin 2 A:n johdonsuojakatkaisija, sillä paneelin nimellisvirta on 550 mA 24VDC. Paneelissa on kosketusnäyttö ja neljä funktiopainiketta, jotka voidaan TIA portal -ohjelmointityökalun avulla ohjelmoida käytettäväksi eri tavoin. Paneeli on yhdistetty PROFIBUS väylään kaweflex 2458 TKD -kaapelilla ja se toimii aliverkossa ohjelmoitavan logiikan orjalaitteena.



KUVA 6. Siemens KTP 400 Comfort -ohjauspaneeli

2.3 Ohjelmisto Siemens TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) on Siemensin kehittämä ohjelmointityökalu. Ohjelmointityökalussa luodaan projekti, johon lisätään halutut laitteet kuten kontrolleri, I/O-moduulit ja näyttölaitteet. Projektiin luodaan ohjelma käyttämällä organisaatiolohkoja, funktiota, funktiolohkoja ja datalohkoja. TIAportal v15.1 tukee seuraavanlaisia ohjelmointikieliä ja -tyyppejä: FBD, ST, LAD, SFC, STL sekä CFC. (5.)

2.3.1 Organization block

Organization block eli organisaatiolohkot (OB) toimii käyttöjärjestelmän ja ohjelman välisenä rajapintana. Ohjelma kutsuu organisaatiolohkoja numerojärjestyksessä sekä suorittaa niiden sisälle luotujen funktioiden tai funktiolohkojen toimenpiteet. Jokaisessa ohjausyksikössä on monenlaisia sisäänrakennettuja valmiita organisaatiolohkoja, joita voidaan käyttää esimerkiksi tietyn ajan välein suoritettaviin toimenpiteisiin tai vikatilanteiden käsittelyyn. Organisaatiolohkojen käyttö on tärkeää, sillä ilman niitä poikkeus- tai vikatilanteen sattuessa ohjausyksikkö ajetaan STOP-tilaan, organisaatiolohkoja käytettäessä ohjausyksikkö jatkaa toimintaansa. (6.)

2.3.2 Functions

Functions eli funktiot ovat toimintoja, joilla ei ole muistia eli funktiossa suoritettujen toimenpiteiden arvoja ei pystytä tallentamaan. Funktioon pystytään määrittämään paikalliset muuttujat, jotka voivat olla tyyppiä In (Input), Out (Output), Temp (Temporary) tai Constant. Funktio kirjoittaa lähtöihin arvoja tuloihin syötettyjen arvojen sekä funktiossa määriteltyjen toimenpiteiden perusteella. Funktion lähtöjen arvo saadaan uudelleen vasta, kun ohjelma kutsuu sitä seuraavan kerran. Ainut tapa tallentaa funktioiden arvoja on käyttää global datablockeja eli datalohkoja (Global DB). (6.)

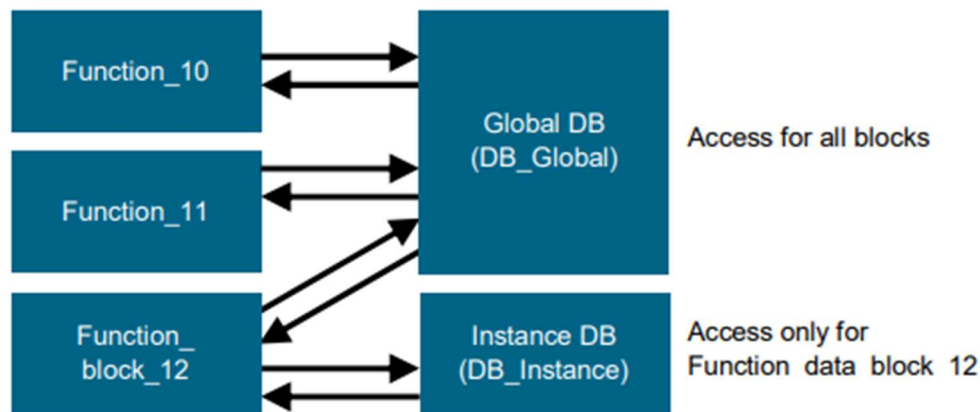
2.3.3 Function block (FB)

Funktiolohkot eli toimilohkot (FB) ovat Siemens TIA Portal -ohjelmistossa luotuja network-kokonaisuuksia. Siemens TIA Portal luo monesta networkista yhden lohkon, jossa näkyy networkeissa käytetyt input- ja output-kytkennät. (6.)

Funktiolohkoilla on instanssi datablockit (Instance DB), joihin muuttujien arvot tallentuvat pysyvästi. Ohjelma luo instanssi datablockit automaattisesti FB:n luonnin yhteydessä. Instanssi datablockien muuttujat voivat olla tyyppiä Input, Output, InOut, Static sekä Temp. Temp-muotoisten muuttujien arvot tallentuvat lyhytkestoiseen muistiin ja ovat käytettävissä vain kyseisen syklin aikana. Instanssien muuttujat määrittyvät automaattisesti funktiolohkoa tehdessä, ja niitä pystytään muuttamaan vain funktiolohkon sisällä. Funktiolohkot kannattaa ohjelmoida niin, että vain instanssi datablockille nimetyllä funktiolohkolla on pääsy sen sisäisiin muuttujiin. Sisäisten muuttujien käytön rajausta helpottaa funktiolohkon uudelleenkäyttämistä. (6.)

2.3.4 Global datablock (Global DB)

Global datablockit eli datalohkot (Global DB) ovat lohkoja, jotka eivät sisällä toimenpiteitä, vaan toimivat muuttujien muistina. Global datablockien ero instanssi datalohkoihin on kyky kirjoittaa ja lukea muuttujien arvoja kaikkialla ohjelmassa pelkästään yhden toimilohkon sijaan. Global datablockeja kannattaa käyttää tilanteissa, joissa esimerkiksi funktiolohkon muuttujien arvoja halutaan hyödyntää toisessa funktiossa (kuva 7). (6.)



KUVA 7. Lohkojen tietoliikenne (6)

3 MOOTTORIOHJAUKSEN TIEDONSIIRTOTAVAT

3.1 Analoginen ohjausviesti

Mikäli taajuusmuuttajaa ei voida liittää kenttäväylään, voi sen ohjauksen toteuttaa taajuusmuuttajan ohjausyksikön analogiatuloihin syötettävän ohjaussignaalin avulla. Analogiset ohjaussignaalit ovat jänniteviesti (0 – 10 V) ja virtaviesti on (0/4 – 20 mA). (11.)

3.2 PROFIBUS

PROFIBUS on PI International organisaation kenttäväylään perustuva automaatiostandardi, joka mahdollistaa ohjausjärjestelmien sekä kontrollerien yhdistämisen kenttälaitteisiin. RS485-tiedonsiirtoteknologia perustuu häiriösuojatun kierretyn parikaapelin käyttöön. RS485-teknologiaa käytetään prosesseissa, jotka vaativat korkean tiedonsiirtonopeuden muttei räjähdys-suojasta. RS485 sallii tiedonsiirtonopeudet 9,6–2 000 kbit/s, mutta mitä suurempi tiedonsiirtonopeus on, sitä vaativammat rajoitukset PROFIBUS kenttäväylälle. Matalammissa tiedonsiirtonopeuksissa 9,6–93,75 kbit/s jokaisen segmentin välisen kaapelin pituus voi olla jopa 1,2 km, kun taas 12 000 kbit/s tiedonsiirtonopeuksissa segmenttien välisen kaapelin enimmäispituus on vain 100 m (kuva 8). (7.)

| Transmission rate [Kbit/s] | Transmission range per segment [m] | Applies to |
|-------------------------------|--|------------|
| 9,6 19,2 45,45 93,75 | 1,2 | RS485 |
| 187,5 | 1 | RS485 |
| 500 | 400 | RS485 |
| 1,5 | 200 | RS485 |
| 3,000 6,000 12,000 | 100 | RS485 |

KUVA 8. PROFIBUS tiedonsiirtorajoitukset (7)

RS485-tiedonsiirtoteknologiaa käytettäessä laitteet voidaan yhdistää toisiinsa käyttäen linja-, tähti- tai puukytkentää. Langaton tiedonsiirto on myös mahdollista, mutta se vaatii lähettäjä- ja vastaanottajalaitteiden olevan samalta valmistajalta. RS485-teknologiaa käytettäessä noodien maksimimäärä on 32 ja kokonaisuudessaan PROFIBUS laiteverkoston osoitemäärä on 126. Mikäli noodien määrä ylittyy, täytyy käyttää toistinta. RS485-kaapelin liittimissä on sisäänrakennetut päätevastukset, joita käytetään segmenttien päissä väylän terminoimiseen eli väylän alussa sekä lopussa sijaitsevien laitteiden liittimien päätevastus on laitettava "on"-tilaan, jotta piiri saadaan suljettua. (7.)

3.3 PROFINET

PROFINET perustuu ethernet-pohjaiseen TCP/IP-tiedonsiirtoprotokollaan. Profinet kattaa prosessi- ja tuotantoautomaatioon liittyvät vaatimukset. Profinetiä voidaan hyödyntää järjestelmissä muiden tiedonsiirtomenetelmien rinnalla. Esimerkiksi järjestelmissä, joissa kontrollerin ja kenttälaitteiden välinen tiedonsiirto suoritetaan profibus-väylän kautta, voidaan profinet integroida ylemmän tason tiedonsiirtotavaksi. (8.)

Profinet mahdollistaa tiedonsiirron kupari- ja valokuitukaapeleilla sekä langattomasti. Kuparikaapelia käytettäessä 100 Mbps tiedonsiirtonopeus on mahdollista 2-parikaapelilla. Järjestelmissä, joissa vaaditaan 1000 Mbps eli gigabit tiedonsiirtonopeus, on käytettävä 4-parikaapelointia. Kuparikaapelointia käytettäessä noodien eli kytkimien tai kenttälaitteiden välisen kaapeloinnin maksimietäisyys on 100 metriä. Valokuitukaapeli mahdollistaa usean kilometrin tiedonsiirtoetäisyydet ilman toistimien tarvetta. (8.)

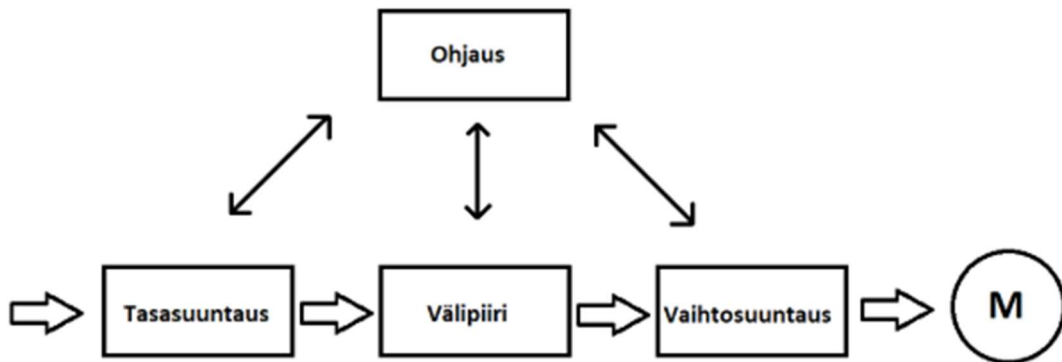
Profinet-laitteisiin integroidun tai liitetyn verkkokytkimien avulla laitteet on mahdollista liittää linja-, tähti-, ympyrä- tai puumallisella kytkennällä toisiinsa. Linjaan kytketyt laitteet on yhdistetty peräkkäin toisiinsa. Linjakytkeä vähentää kaapeloinnin määrää, mutta mahdollistaa yhteyden katoamisen useampaan laitteeseen yhden laitteen vikaantuessa. Tähti-kytkennässä on käytössä keskitetty kytkin, johon laitteet yhdistetään. Tähtikytkeä vaatii enemmän kaapelointia, mutta mahdollistaa muiden laitteiden yhteyden toiminnan, vaikka yksi laite vioittuisikin. Ympyräkytkennässä laitteiden toisiinsa kytkemisen lisäksi viimeinen laite liitetään takaisin kontrolleriin, tämä mahdollistaa tiedonsiirron säilymisen, vaikka kahden laitteen välillä oleva yhteys katkeisi. Puumallisessa kytkennässä

edellä mainitut kytkentätavat on yhdistetty. Puumallinen kytkentä vaatii eniten kaapelointia, mutta vähentää yhteydenmenetysriskiä huomattavasti. (8.)

PROFINET käyttää ethernetiä ja on siten tulevaisuuden kannalta varmempi ratkaisu, kun taas PROFIBUS, vaikka se on luotettava ratkaisu, jää jälkeen laajennusmahdollisuuksissa sekä tiedonsiirtomäärissä sekä -nopeuksissa. PROFIBUSin päivittäminen PROFINETiin voi isoissa tuotantolaitoksissa tai tehtaissa olla hyvin kallis ja pitkä prosessi, joten hyvä vaihtoehto on pitää kenttälaitteet kytkettynä PROFIBUS-väylään ja integroida PROFINET ylemmän tason tiedonsiirtoon. (8.)

4 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttajien avulla pystytään portaattomasti ohjaamaan ja muuttamaan moottorien, pump-
pujen sekä puhaltimien pyörimisnopeuksia, tehoa sekä jännitettä. Suureiden muuttaminen perus-
tuu nimensä mukaan taajuuden muuttamiseen. Tyypillisiä taajuusmuuttajan käyttökohteita ovat
pumput, puhaltimet, hissit, paperikoneet, vinssit, kompressorit, ilmastointilaitteet, kuljettimet, kelai-
met sekä nosturit. Taajuusmuuttajan rakenne koostuu neljästä eri osasta: tasasuuntaus, välipiiri,
ohjaus ja vaihtosuuntaus (kuva 9). (9.)



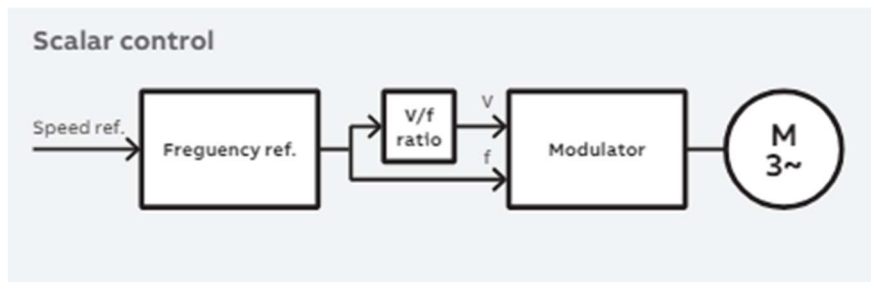
KUVA 9. Taajuusmuuttajan lohkokaavio (9)

Tasasuuntausyksikössä taajuusmuuttajalle syötettävä sinimuotoinen vaihtovirta muutetaan sykki-
väksi tasasähköksi puolijohtimien avulla. Sykkivä tasavirta stabiloidaan kondensaattorien avulla
välipiirissä. Stabiili tasavirta vaihtosuunnataan moottorille meneväksi vaihtovirraksi, jonka taajuus
ja jännite määräytyvät taajuusmuuttajan ohjausyksikölle analogisesti tai kenttäväylää pitkin tuodun
ohjeen mukaan. (9.)

4.1 Skalaarisäätö

Taajuusmuuttajien skalaarisäädön muuttujina ovat jännite sekä taajuus. Skalaarisäätö on avoin
järjestelmä, jossa ohjatun laitteen nopeutta tai momenttia ei seurata takaisinkytkennällä. Jännite-
ja taajuusohjeet ovat molemmat suhteutettu taajuusmuuttajalle syötettyyn nopeusohjeeseen. Ska-
laarisäätömodulaattori määrittää moottorin jännitteen PWM (Pulse Width Modulation) pulssisek-
venssit. Pulssianturien tai muiden moottorin nopeutta seuraavien laitteiden tarpeettomuus tekee

skalaarisäädöstä edullisemman sekä yksinkertaisemman järjestelmän, jota hyödynnetään sovel-
luksissa, joissa ei tarvita kovin suurta tarkkuutta, kuten pumpuissa ja puhaltimissa (kuva 10). (10.)

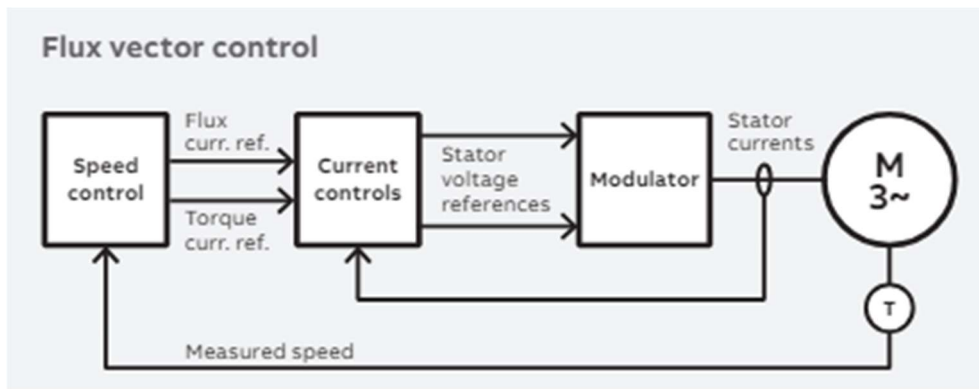


KUVA 10. Skalaarisäätöpiirin lohkokkaavio (10)

Skalaarisäädön haasteet esiintyvät järjestelmissä, joissa vääntömomentin tai nopeusohjeen suu-
ruus vaihtelee sekä järjestelmissä, joissa vaaditaan suurta tarkkuutta. Äkkinäinen vääntömomentin
tai nopeusohjeen kasvu voi aiheuttaa moottorin stumppauksen ja johtaa mahdollisesti ylikuormi-
tukseen tai moottorin ylikuumentumiseen. Skalaarisäädetyissä järjestelmissä on mahdollista rajoit-
taa kiihtyvyys- ja hidastusrampeja sekä automaattisesti laskea taajuutta moottorin ylikuormittu-
essa. (10.)

4.2 Skalaarivektorisäätö

Skalaarivektorisäätö on suljettu järjestelmä, joka simuloi tasavirtamoottorin käyttöolosuhteita. Ska-
laarivektorisäädössä tasavirtamoottorin käyttöolosuhteiden simulointi onnistuu tuomalla säätimelle
tieto moottorin nopeudesta sekä roottorin asennosta pulssiantureiden avulla. Skalaarivektorisää-
detyissä sovelluksissa magneettikentän suunta muodostetaan PWM-tekniikalla sähköisesti mekaa-
nisen kommutaattorin ja hiiliharjojen muodostaman yhdistelmän sijaan. Skalaarivektorisäädön
muuttujia ovat jännite, virta ja taajuus, joiden avulla momenttia säädetään epäsuorasti (kuva 11).
(10.)

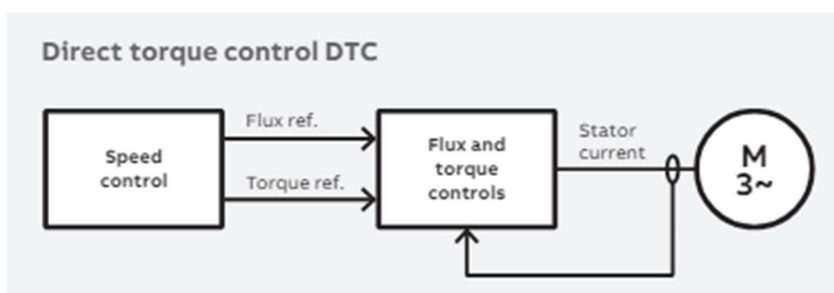


KUVA 11. Skalaarivektorisäädön lohkokaavio (10)

Skalaarivektorisäädöllä pystytään saavuttamaan täysi momentti nollanopeudella, joka luo lähes saman suorituskyvyn kuin tasavirtamoottorit. Skalaarisäädön etuina ovat hyvä momenttivaste sekä tarkka nopeudensäätö. Takaisinkytkentä sekä modulaattori ovat skalaarivektorisäädetyissä järjestelmissä välttämättömiä. Takaisinkytkennän välttämättömyys monimutkaistaa järjestelmän rakennetta sekä luo kokonaisuudesta kalliin. (10.)

4.3 Suora momenttisäätö

Suorassa momenttisäädössä taajuusmuuttajalle syötetyn tarkan matemaattisen mallin ansiosta moottorin nopeus sekä tilatiedot pystytään laskemaan ilman takaisinkytkennän tarvetta. Moottorin momentti lasketaan suoraan ilman modulaatiota. Suoran momenttisäädön muuttujat ovat moottorin momentti sekä magneettivuo (kuva 12). (10.)



KUVA 12 Suoran momenttisäätöpiirin lohkokaavio (10)

Suoran momenttisäädön momenttivaste on jopa 10 kertaa nopeampi kuin minkään vaihtovirta- tai tasavirtakäytön. Takaisinkytkemättömiin vaihtovirtakäyttöihin verrattuna suoran momenttisäädön nopeustarkkuus on jopa kahdeksan kertaa parempi. Nopeustarkkuus on takaisinkytkettyihin tasavirtakäyttöihin verrattuna samaa luokkaa. Suoralla momenttisäätö pystyy toimimaan kuten vaihtovirta- ja tasavirtakäytöt. (10.)

Suoran momenttisäädön hyötyjä ovat nopea momenttivaste ja -tarkkuus, täysi momentti lähes nol-lanopeuksilla, järjestelmän rakenteen yksinkertaisuus sekä alhainen melutaso. Suora momentti-säätö on hyödyllinen ratkaisu esimerkiksi nostureissa sekä hisseissä, joissa kuorma on saatava liikkeelle sekä pysäytettävä hitaasti. (10.)

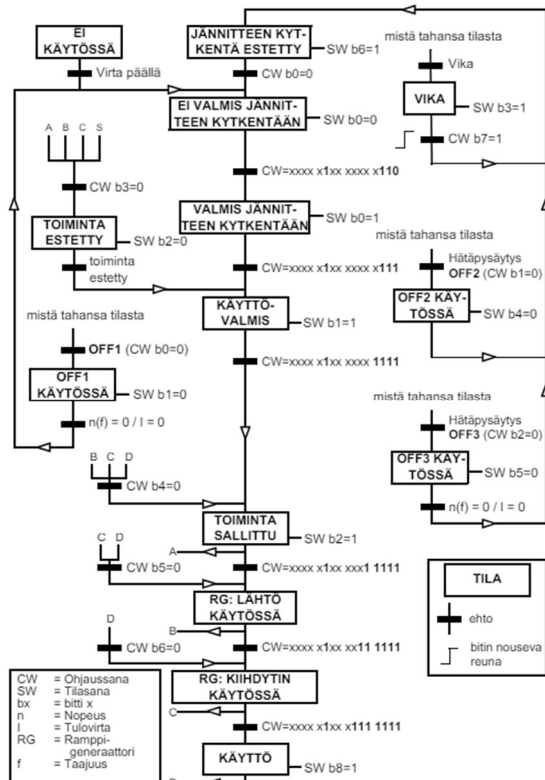
4.4 Tiedonsiirto

Taajuusmuuttajan ohjaus voidaan toteuttaa ulkoisilla laitteilla tiedonsiirtoverkon eli kenttäväylän kautta erikseen asennettavan kenttäväyläsovittimen avulla. Kenttäväyläsovittimia on saatavilla monia eri tiedonsiirtojärjestelmiä ja -protokollia varten, esimerkiksi FPBA-01-sovitin (PROFIBUS DP), FENA-11 tai FENA-21-sovitin (PROFINET IO) sekä monia muita. Taajuusmuuttaja voidaan asettaa vastaanottamaan kaikki ohjaustiedot pelkästään kenttäväylän kautta tai kenttäväylän ja muiden ulkoisten lähteiden, esimerkiksi digitaali- ja analogiatulojen, kautta. Tiedonsiirtomenetelmät määritetään ja otetaan käyttöön taajuusmuuttajan parametrien avulla. (11.)

Jokaisella kenttäväylään yhdistettävällä laitteella ja kenttäväyläsovittimella on oma XML-tiedosto-muodon GSD-tiedosto (General Station Description), joka tekee kenttälaitteiden yhdistämisen ohjelmointityökaluihin mahdolliseksi. GSD-tiedosto tuodaan ohjelmointityökaluun, jonka jälkeen ky-seinen laite voidaan konfiguroida laiteverkostoon. GSD-tiedosto sisältää tarvittavat tiedostot laite-kommunikointia varten kuten I/O-osoitteet, tietotyypit sekä toimilohkot. GSD-tiedostot ovat ladatta-vissa laitevalmistajien verkkosivuilta. (11.)

Ohjaussana (CW) on 16- tai 32-bittinen pakatussa loogisessa muodossa oleva sana, jonka avulla taajuusmuuttajaa ohjataan kenttäväyläjärjestelmästä. Kenttäväyläohjain lähettää ohjaussanan taa-

juusmuuttajalle kenttäväylän kautta. Taajuusmuuttaja vaihtaa tilasta toiseen ohjaussanan bittikoodattujen ohjeiden mukaisesti ja palauttaa tilatiedon kenttäväyläohjaimeen tilasanassa. Tilasana on ohjaussanan tavoin joko 16- tai 32-bittinen pakatussa loogisessa muodossa oleva sana, joka sisältää taajuusmuuttajasta kenttäväyläohjaimeen siirrettäviä tilatietoja. Taajuusmuuttaja toimii sille ohjelmoidun tilakoneen mukaisesti. Tilakone sisältää askelia, ehtoja ja toimenpiteitä. Taajuusmuuttajan tilakoneen ohjausdiagrammi on esitetty kuvassa 13. (11).

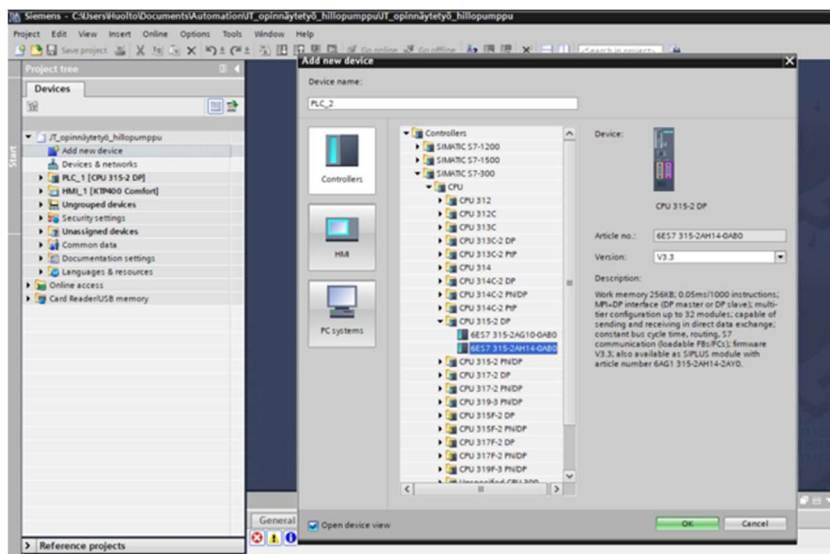


KUVA 13. Taajuusmuuttajan tilakaavio (11)

5 LAITTEISTON KONFIGUROIINTI SIEMENS TIA PORTAL -OHJELMISTOLLA

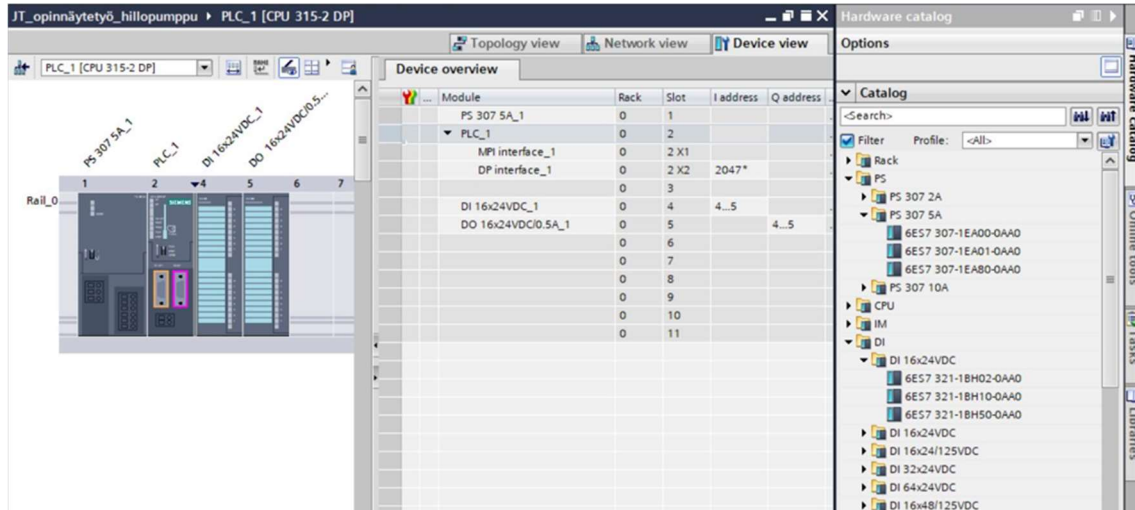
Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla toimeksiantajan tiloihin sekä hankkimalla tarvittava laitteisto työn aloittamista varten. Logiikkasovellusohjelma tehtiin toimeksiantajan Siemens Field PG-ohjelmointilaitteella, johon oli valmiiksi asennettu tarvittavat ohjelmistot kuten Siemens TIA Portal V15.1 sekä S7-PLCSIM. Ohjelmoitava logiikka, moduulit, jännitelähteet, ohjauspaneeli sekä kenttäkotelola saatiin toimeksiantajan varastosta jo olemassa olevien laitteiden joukosta.

Logiikan ohjelmointi tehtiin MPI-liitännän kautta. Ensimmäiseksi luotiin kommunikointi logiikan ja ohjauspaneelin välille ja lopuksi taajuusmuuttajalle. Laitteiden yhdistämisen jälkeen aloitettiin itse ohjelmointi. Siemens TIA Portal ohjelmointityökalun etusivulta luotiin uusi projekti valitsemalla ”Create new project”. Laitteiston mallin sekä ohjelmistoversion varmistamisen jälkeen projektiin lisättiin kontrolleri vasemmassa reunassa näkyvän projektipuun (”Project tree”), ”Add new device” -valikosta (kuva 14).



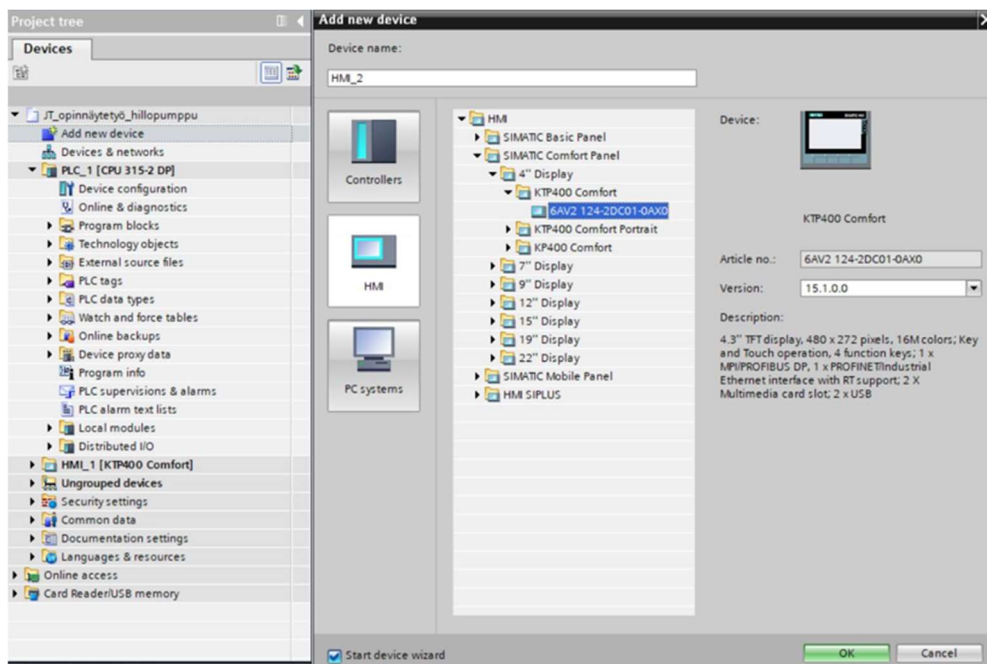
KUVA 14. Kontrollerin lisäys projektiin

Kontrollerin lisäksi ”Device view” -näköymästä oikealla olevalta ”Hardware catalog” -välilehdeltä li-
sättiin prosessorin rinnalle logiikan jännitelähde (PS 307 5A), digitaalitulokortti (DI16x24VDC) sekä
digitaalilähtökortti (DO16x24VDC) (kuva 15).



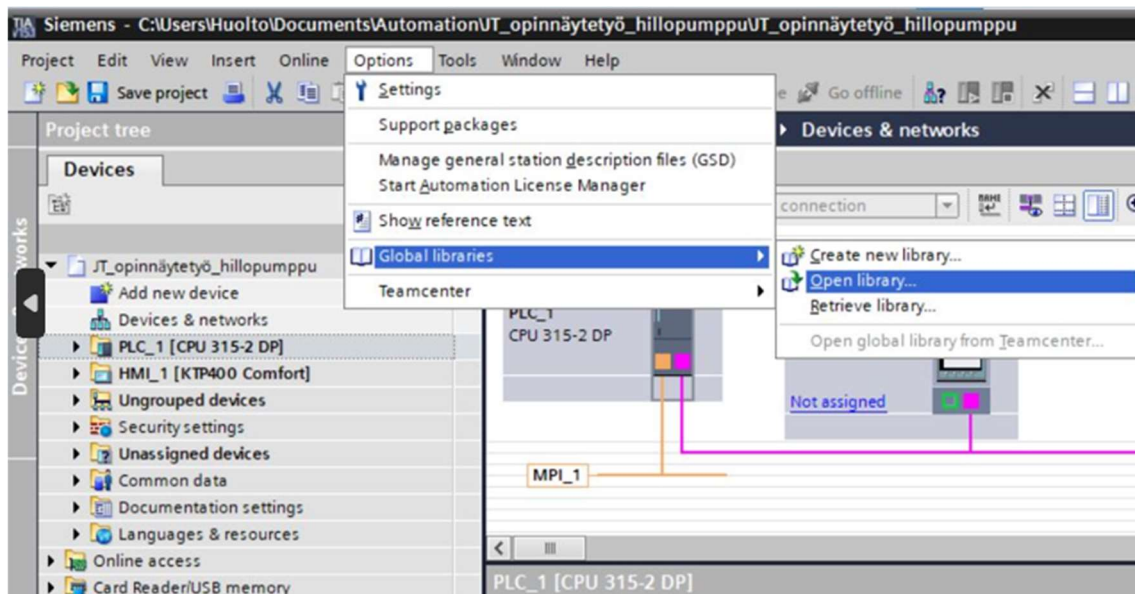
KUVA 15. Logiikkakokonaisuuteen liittyvien laitteiden lisääminen projektiin

Projektissa käytetty Siemens KTP 400 Comfort -ohjauspaneeli lisättiin ohjelmaan vasemmalla nä-
kyvän ”Project tree” -näköymän ”Add new device” -valikosta (kuva 16). Laitteen oikea malli ja ohjel-
mistoversio varmistettiin ennen laitteen lopullista lisäämistä.



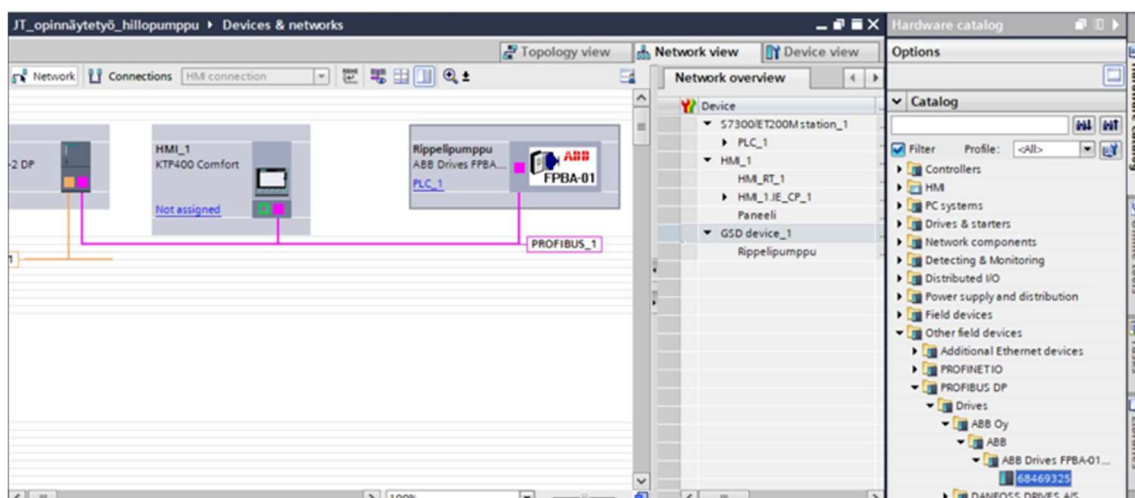
KUVA 16. Ohjauspaneelin lisääminen projektiin

Kontrollerin sekä ABB ACS880 -taajuusmuuttajan välistä tiedonsiirtoa varten ladattiin erikseen ABB:n verkkosivuilta saatavilla oleva GSD-tiedosto. GSD-tiedosto sisältää kirjaston, joka tuodaan TIA Portal -ohjelmistoon yläpalkin "Options" -> "Global libraries" -> "Open library" -valikosta (kuva 17). Kontrollerin malli varmistettiin, jotta oikea kirjasto voitiin valita. TIA Portal -ohjelmisto avasi automaattisesti tiedostosijainnin, johon kirjasto ladattiin.



KUVA 17. Ulkoisen kirjaston tuominen Siemens TIA Portal -ohjelmistoon

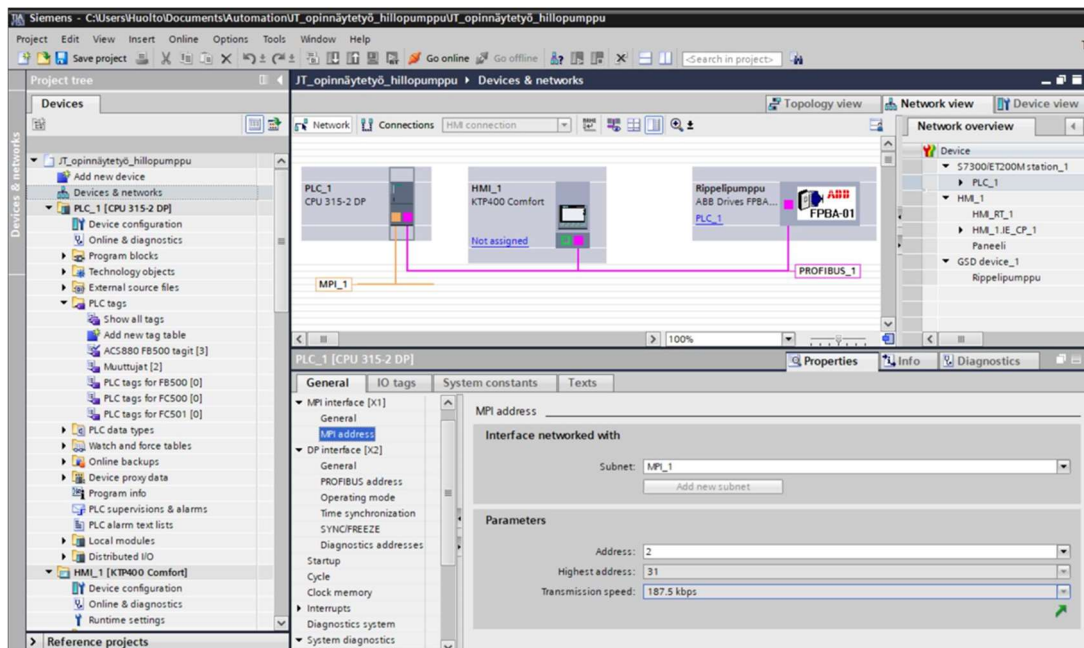
Siemens TIA Portal -ohjelmistoon tuotu GSD-tiedosto toi oikeassa reunassa sijaitsevalle "Hardware catalog" -välilehdelle "Other field devices" -hierarkiaan FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduulin, joka lisättiin vetämällä laite "Network view" -näkymään (kuva 18).



KUVA 18. FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduulin lisääminen projektiin

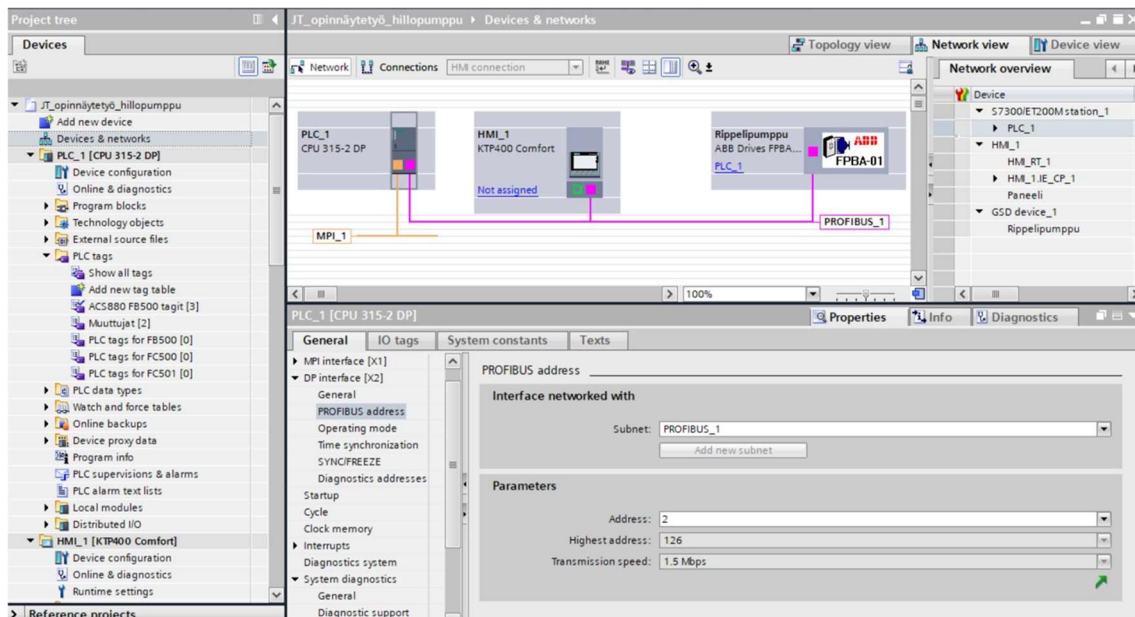
5.1 Tiedonsiirtoyhteyden konfigurointi

Siemens TIA Portal -ohjelmistossa logiikalle määritettiin MPI-osoite sekä aliverkko. Asetusten määrittäminen tehtiin ”Network view” -näkyssä logiikan ”Properties” -välilehdeltä (Kuva 19). Uusi aliverkko luotiin ”Add new subnet” -painikkeella. Siemens Field PG:n MPI-osoite määritettiin myöhemmin ladatessa ohjelmaa laitteelle.



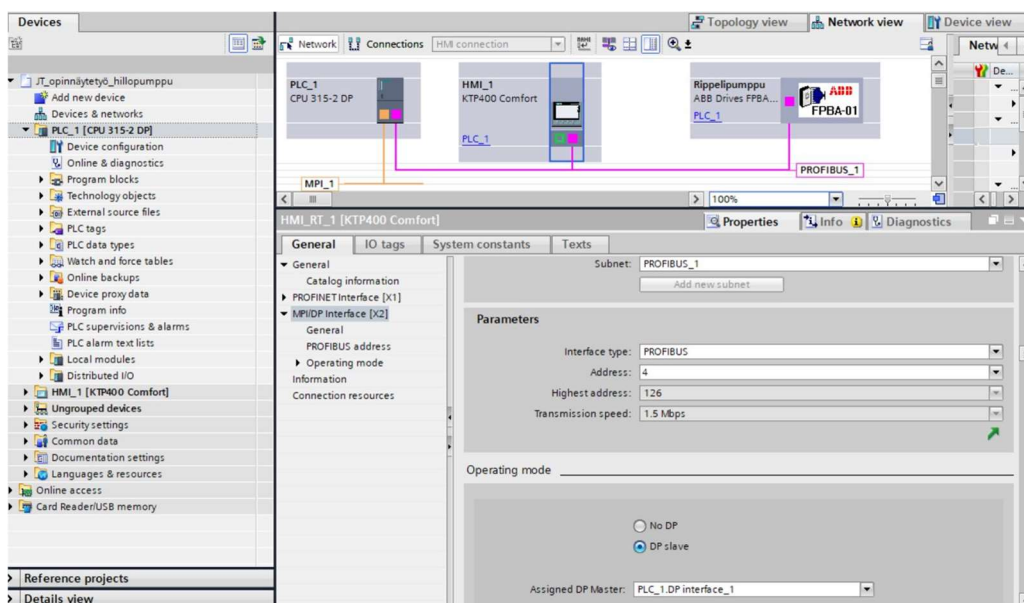
KUVA 19. Logiikan MPI-asetuksien määrittäminen

Logiikan ja ohjauspaneelin välistä kommunikointia varten luotiin PROFIBUS-aliverkko. Aliverkko luotiin Logiikan asetuksista ”Network view” -näkyssä logiikan ”Properties” -välilehdeltä ”Add new subnet” -painikkeesta (kuva 20). Logiikan PROFIBUS-osoite määritettiin pienin numero, sillä se on hierarkiassa ylin laite eli isäntälaitte.



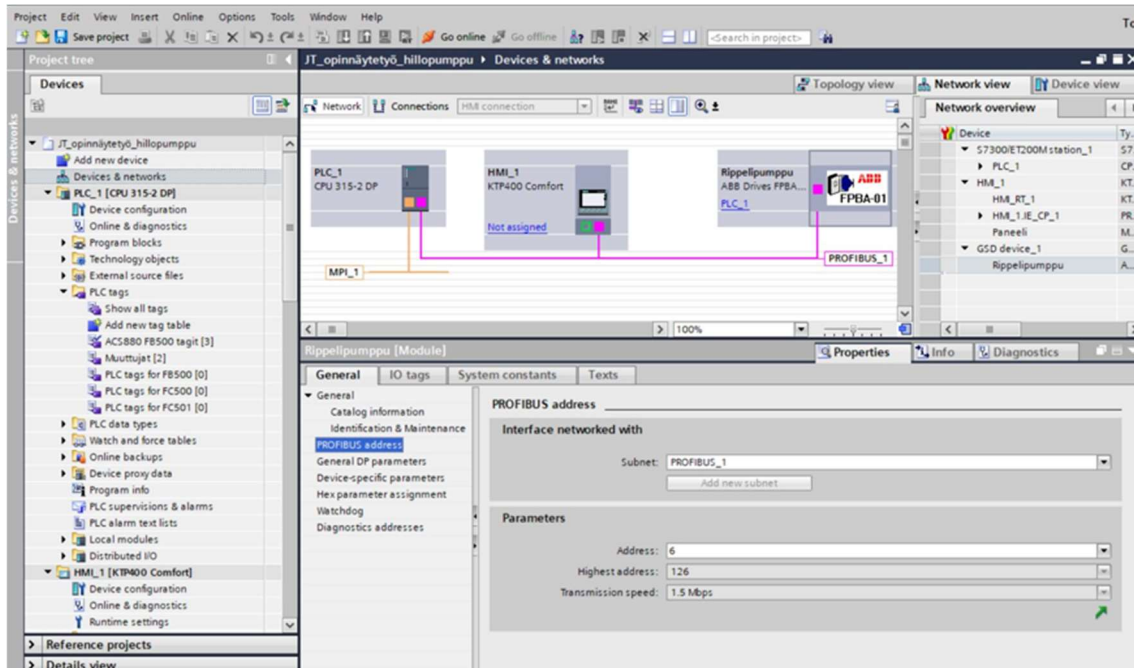
KUVA 20. Logiikan PROFIBUS-asetuksien määrittäminen

Seuraavaksi ohjauspaneeli yhdistettiin edellisessä kohdassa luotuun PROFIBUS-aliverkkoon. Ohjauspaneelille määritettiin PROFIBUS-osoite sekä isäntälaitte. PROFIBUS-osoitteeksi valittiin logiikan osoitetta suurempi luku. Ohjauspaneeli määritettiin orjalaitteeksi, jonka isäntälaitte on ohjelmoitava logiikka. Asetukset määritettiin "Network view" -näkyvässä ohjauspaneelin "Properties"-välilehdeltä (kuva 21).



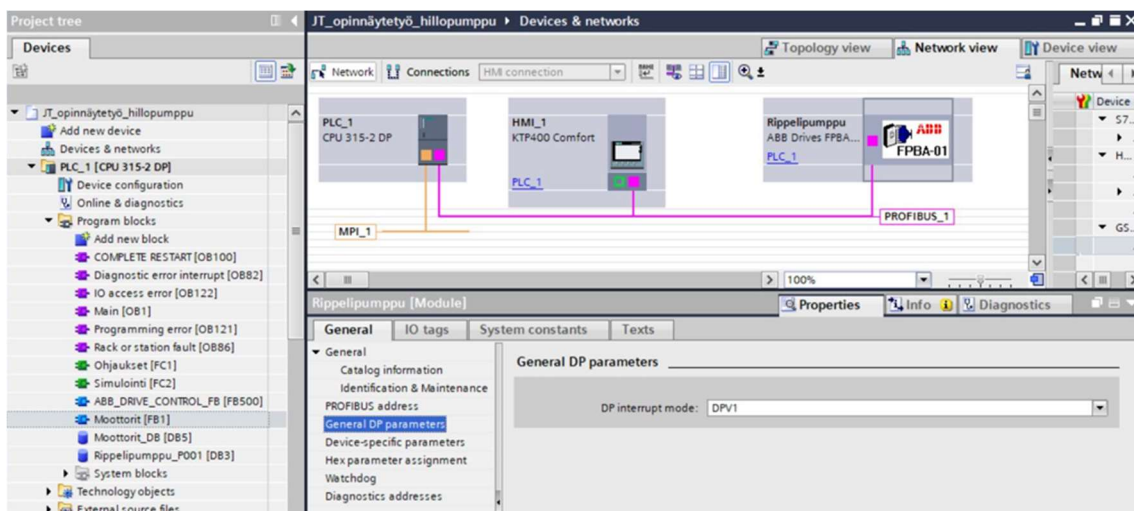
KUVA 21. Ohjauspaneelin PROFIBUS-asetuksien määrittäminen

FPBA-01 kenttäväyläsovitinmoduuli yhdistettiin samaan PROFIBUS-aliverkkoon ohjelmoitavan loogikan sekä ohjauspaneelin kanssa. kenttäväyläsovitinmoduulin PROFIBUS-osoitteeksi määritettiin aliverkossa olevien laitteiden osoitteista seuraavaksi suurin. Aliverkkoon yhdistäminen sekä osoitteen määrittäminen tehtiin ”Network view” -näkyvässä laitteen ”Properties”-välilehdellä (kuva 22).



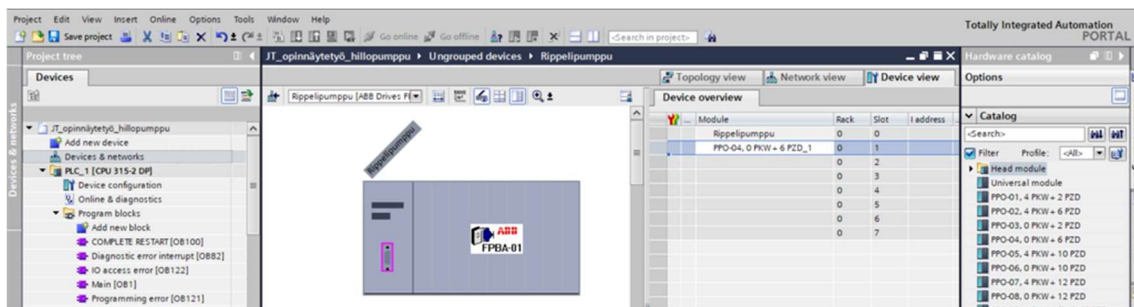
KUVA 22. FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduulin PROFIBUS-asetuksien määrittäminen

FPBA-01 kenttäväyläsovitinmoduulin asetuksista ”Network view” -näkyvässä ”Properties” välilehdellä määritettiin PROFIBUS-väylän suoritusjärjestysluokka. Suoritusjärjestysluokaksi valittiin DP-V1, asyklistä tiedonsiirtoa varten (kuva 23).



KUVA 23. FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduulin suoritusjärjestysluokan määrittäminen

FPBA-01 kenttäväyläsovitinmoduulille valittiin myös PPO-tyyppi (Parameter Process data Object), mikäli taajuusmuuttajalta halutaan nopeusolon lisäksi tuoda logiikalle ylimääräisiä tilatietoja. PPO-tyyppi määritettiin laitteen ”Device view” -näkymässä ”Device overview” -välilehdeltä (kuva 24). PPO-tyypiksi valittiin PPO-04. ”Device overview” -välilehdeltä saatiin myös tietoon I/O-osoitteet, joita FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduuli käyttää tiedonsiirrossa.



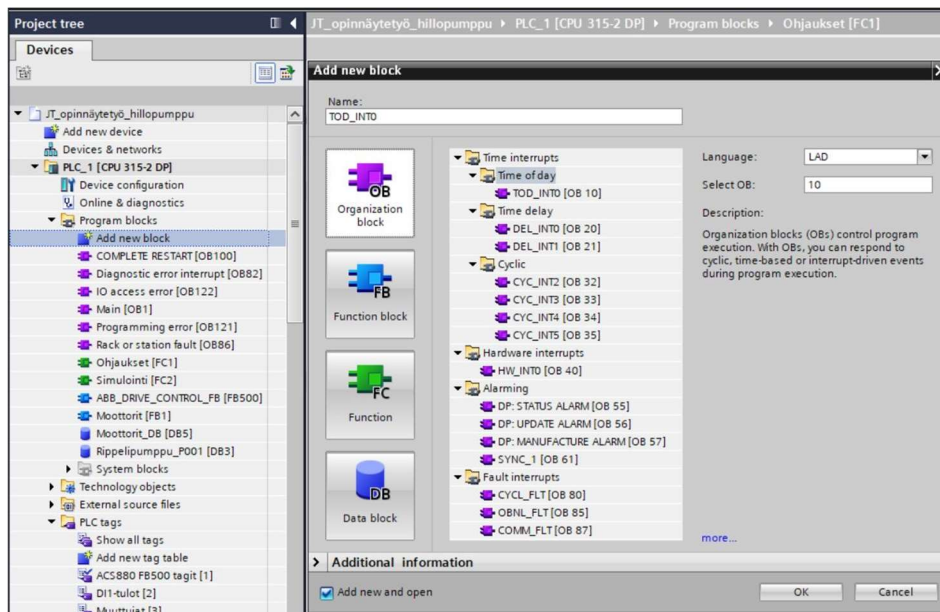
KUVA 24. FPBA-01-kenttäväyläsovitinmoduulin PPO-tyypin määrittäminen

5.2 Ohjelman rakenne

Ohjelman rakenteen luominen aloitettiin lisäämällä tarvittavat sisäänrakennetut organisaatiolohkot ohjelmaan. Ohjelmaan lisättiin seuraavat organisaatiolohkot:

- COMPLETE RESTART (OB100)
- Diagnostic error interrupt (OB82)
- IO access error (OB122)
- Programming error (OB121)
- Rack or station fault (OB86)
- Main (OB1).

Organisaatiolohkot lisättiin ”Project tree” -välilehdeltä ”Program blocks” -hierarkian alta ”Add new block” -valikosta (kuva 25).



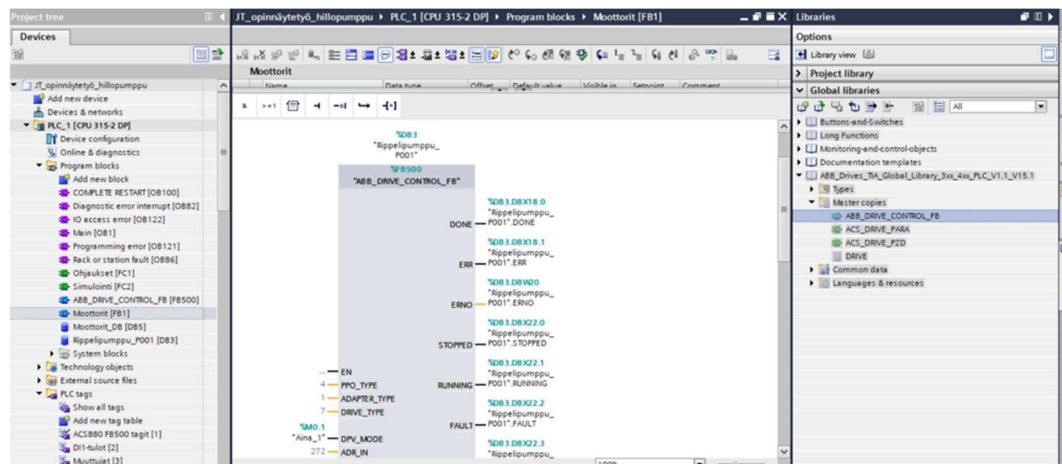
KUVA 25. Organisaatiolohkojen lisääminen ohjelmaan

Ohjelmaan luotiin listat PLC-muuttujista, joihin sisältyy muistibittejä sekä DI- ja DO-moduulien tuloja ja lähtöjä. PLC-muuttujia käytettiin funktioissa sekä toimilohkoissa tuloina sekä lähtöinä. Suurin osa ohjelmassa käytetyistä muuttujista oli FB500-toimilohkon instanssi datalohkon muuttujia. PLC-muuttujalista luotiin "Project tree" -välilehdeltä "PLC tags" -hierarkian alta (kuva 26). PLC-muuttujille asetettiin asianmukaiset osoitteet, joiden käytettävyys tarkastettiin PLC:n "Assignment list" -asetuksista

| | Name | Tag table | Data type | Address | Retain | Access... | Visibl... | Comment |
|---|-----------------------------|------------------|-----------|---------|--------|-----------|-----------|-----------------------------|
| 1 | Taru_START | ACS880 FB500 ... | Bool | %M04.0 | | ✓ | ✓ | |
| 2 | Aina_0 | Muuttujat | Bool | %M0.0 | | ✓ | ✓ | |
| 3 | Aina_1 | Muuttujat | Bool | %M0.1 | | ✓ | ✓ | |
| 4 | HÄTÄSEIS-painike | DI1-tulot | Bool | %I4.1 | | ✓ | ✓ | 0 = hätä-seis-painiketta... |
| 5 | ButtonAppearance_muuttuja | Muuttujat | Int | %MW2 | | ✓ | ✓ | |
| 6 | Taajuusmuuttajan ohjeustapa | DI1-tulot | Bool | %I4.0 | | ✓ | ✓ | 0 = käsiohjeus, 1 = aut... |
| 7 | Puhaltimen ohjaus | DO-lähdöt | Bool | %Q4.0 | | ✓ | ✓ | Ripperipumpun puhalti... |
| 8 | <Add new> | | | | | | | |

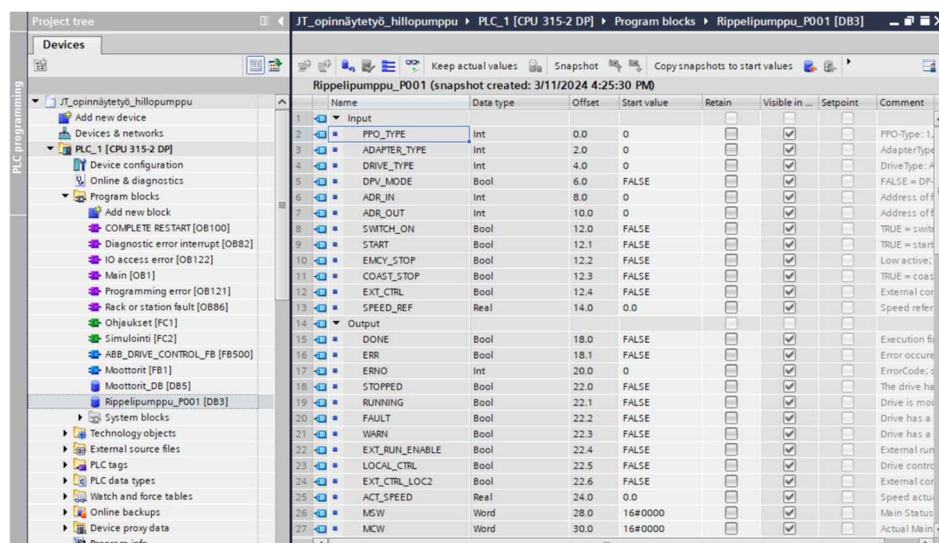
KUVA 26. PLC-Muuttujalistan luonti

Seuraavaksi ohjelmaan luotiin ”moottorit”-toimilohko, johon ABB:n verkkosivuilta ladatun GSD-tiedoston mukana tullut toimilohko ”ABB_DRIVE_CONTROL_FB (FB500)” sijoitettiin. ”moottorit”-toimilohko luotiin kuvassa 25 esitetyllä tavalla valitsemalla ”Function block”. FB500-toimilohko toimii kontrollerin ja taajuusmuuttajan välisenä rajapintana. FB500-toimilohkon lisättiin ohjelmaan Siemens TIA Portal -ohjelmiston oikeassa laidassa ”Libraries”-välilehdeltä (kuva 27).



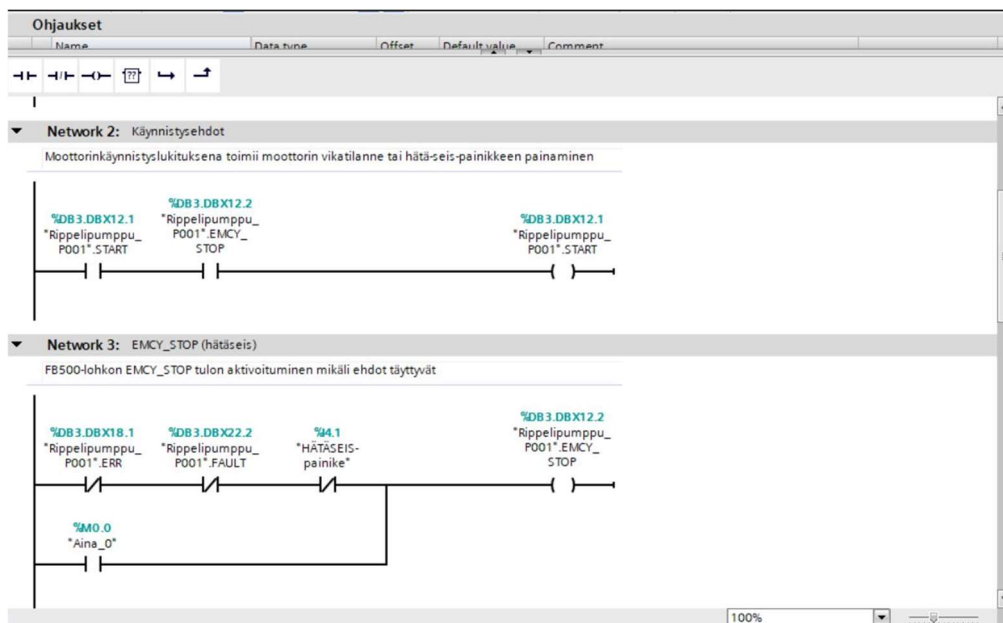
KUVA 27. FB500-toimilohkon lisääminen ohjelmaan

FB500-toimilohkon tuloihin ja lähtöihin liitettiin sille nimetyn instanssi datalohkon muuttujat. Osa muuttujien arvoista lisättiin käsin, kuten ”PPO_TYPE”, ”ADAPTER_TYPE”, ”DRIVE_TYPE”, ”ADR_IN” sekä ”ADR_OUT”. Toimilohkon instanssi datalohkon muuttujat saatiin esille ”Project tree”-välilehdeltä ”Program blocks”-hierarkian alta (kuva 28).



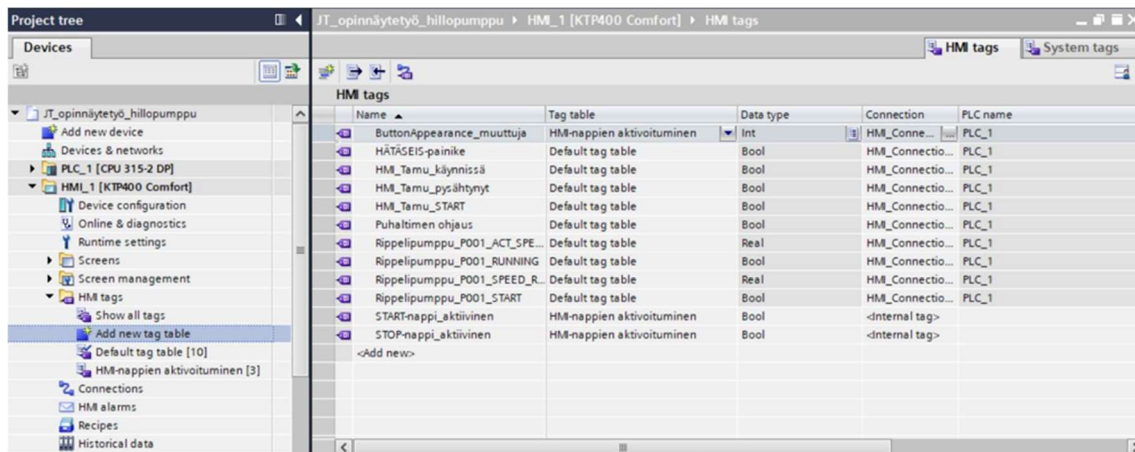
KUVA 28. FB500-toimilohkon instanssi datalohkon muuttujat

Ohjelman toimintaa varten luotiin funktioita sekä toimilohkoja. Funktiot luotiin kuvassa 25 esitetyllä tavalla valitsemalla ”Function”. Ohjelmassa käytettiin funktioita käynnistysehtojen, ohjauksien sekä hätä-seis-piirin luomiseen. Funktioiden sisälle rakennettiin ohjelmallisia network-piirikaavioita, joihin liitettiin aiemmin luotujen PLC-muuttujalistojen sekä FB500-toimilohkon instanssi datalohkon muuttujia (kuva 29). Network-piirikaavioiden tarkoituksena on ohjata lähtöjä tiettyjen ehtojen täytyessä. Ehtoina käytettiin PLC-muuttujalistan sekä FB500-toimilohkon instanssi datalohkon muuttujia.



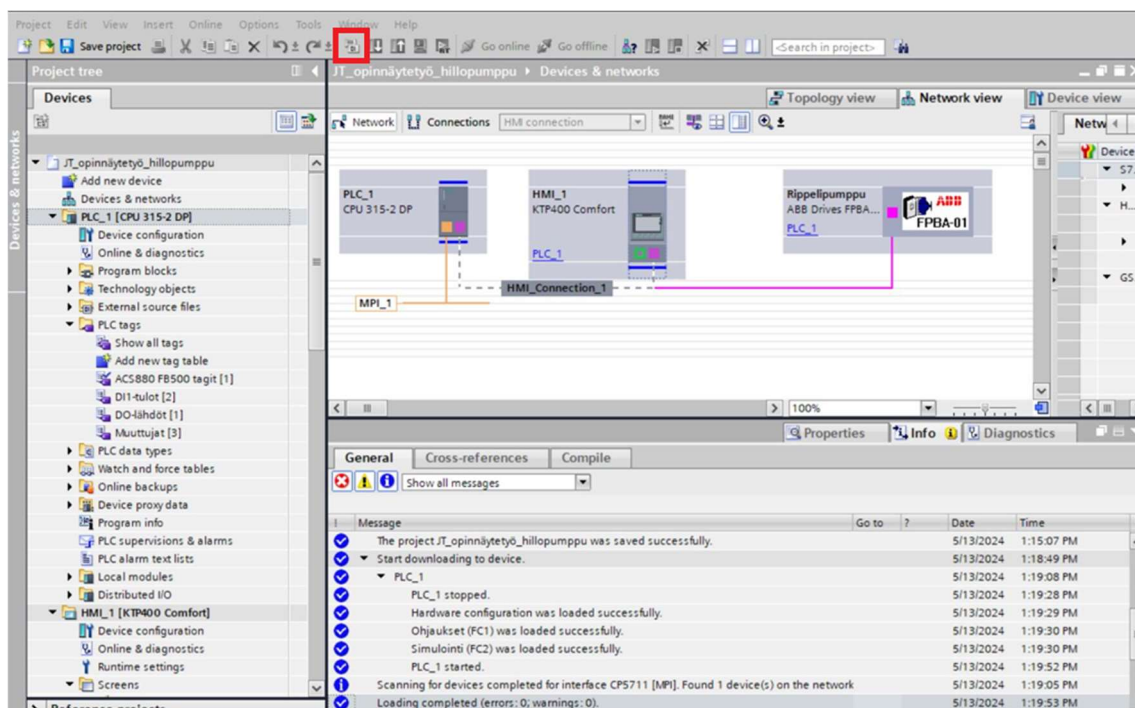
KUVA 29. Esimerkki ohjelmaan luoduista network-piirikaavioista

FB500-toimilohkon muuttujat liitettiin HMI-muuttujiin eli ohjauspaneelin sisäisiin muuttujiin. FB500-toimilohkon muuttujien arvoja muutetaan ohjauspaneelin sisäisten muuttujien kautta. Ohjauspaneelin sisäisten muuttujien arvoja muutetaan ohjauspaneelin ruudulla olevien painikeobjektien avulla. Ohjelmaan lisätyn ohjauspaneelin muuttujien lista luotiin ”Project tree” -välilehdeltä ”HMI tags” -hierarkian alta ”Add new tag table” -toiminnolla (kuva 30).



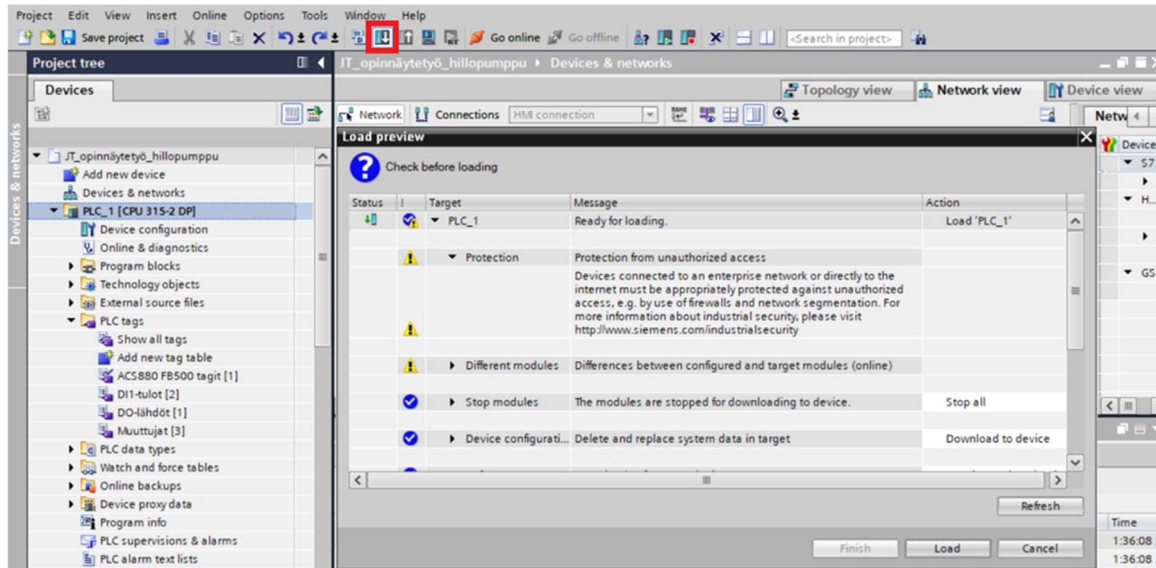
KUVA 30. HMI-muuttujalistan luominen. HMI-muuttujat voidaan synkronoida PLC-muuttujien kanssa.

Ennen ohjelman lataamista logiikalle se pakattiin "Compile"-toiminnolla. "Compile"-toiminto tarkastaa muodostetun ohjelman virheiden varalta ja ilmoittaa niistä automaattisesti aukeavalla "Info"-välilehdellä. Ohjelman pakkaus suoritetaan Siemens TIA Portal -ohjelmiston yläpalkissa sijaitsevan "Compile"-painikkeen kautta (kuva).



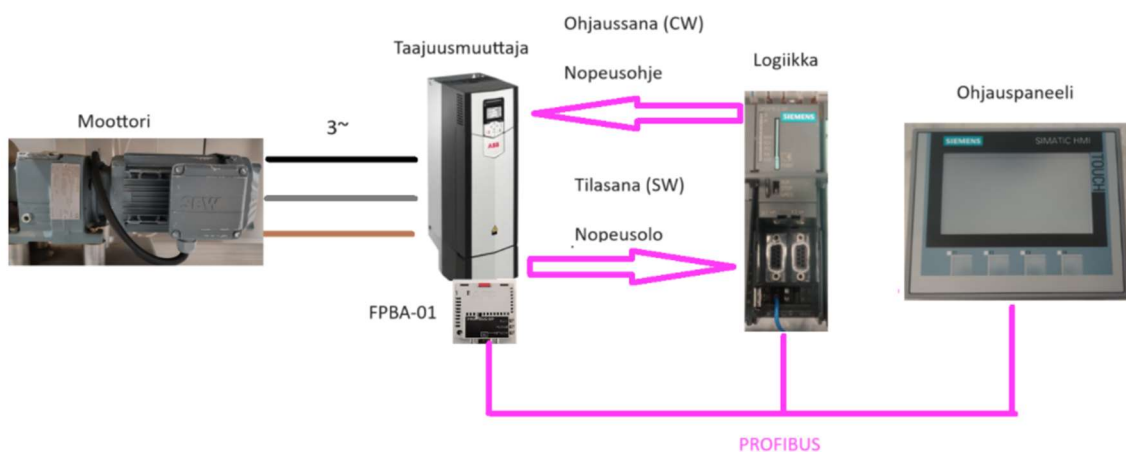
KUVA 31. Punaisella suorakulmiolla merkitty "Compile"-toiminnon painike

Ohjelman pakkaamisen jälkeen se ladattiin logiikalle aiemmin luodun MPI-yhteyden kautta. Ohjelman lataaminen logiikalle tapahtuu Siemens TIA Portal ohjelmiston yläpalkissa olevalla ”Download to device” -painikkeella. ”Download to device” -painike avaa ikkunan, jossa ohjelman lataamiseen liittyvät toimenpiteet voidaan määritellä. (Kuva 32.)



KUVA 32. Punaisella suorakulmiolla merkitty ”Download to device” -painike

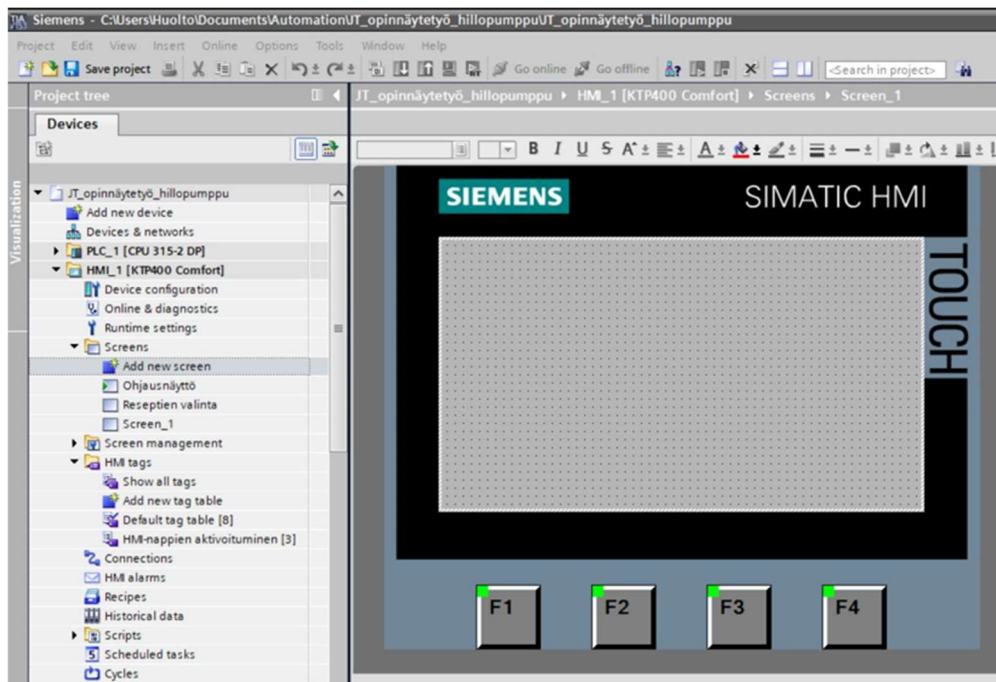
Kuvassa 33 on esitetty graafinen kuvaus lopullisesta taajuusmuuttajan, logiikan sekä ohjauspaneelin välisistä yhteyksistä sekä tiedonsiirrosta.



KUVA 33. Graafinen kuvaus laitteiden välisestä tiedonsiirrosta

5.3 HMI-näytön suunnittelu

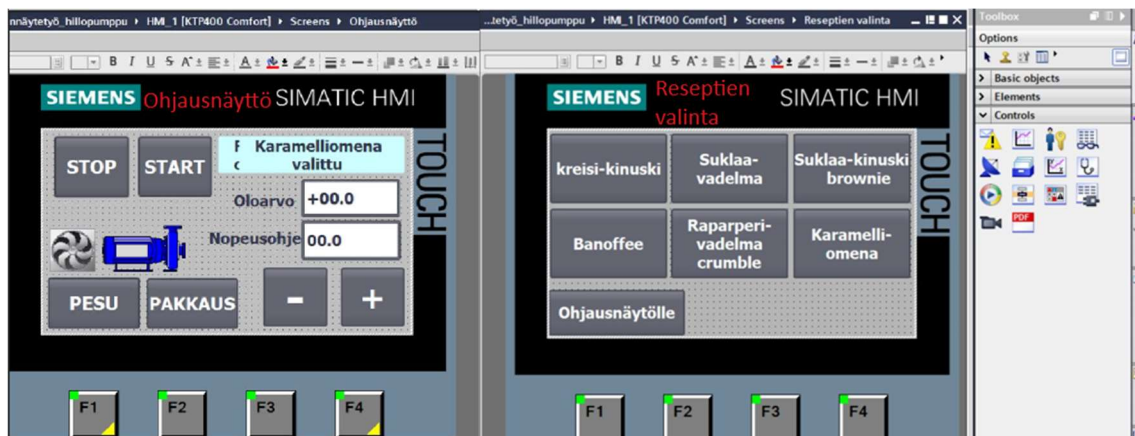
HMI-näytöt suunniteltiin ja ohjelmoitiin Siemens TIA Portal -ohjelmointiyökalussa. Suunnittelu aloitettiin luomalla ohjelmaan näytöt, joihin myöhemmin sijoitettiin erilaisia objekteja, kuten painikkeita, tekstikenttiä sekä kuvia laitteista. HMI-näytöt luotiin ”Project tree” -välilehdeltä ”Screens”-hierarkian alta ”Add new screen” -toiminnolla (kuva 34).



KUVA 34. HMI-näytön luonti ohjelmassa

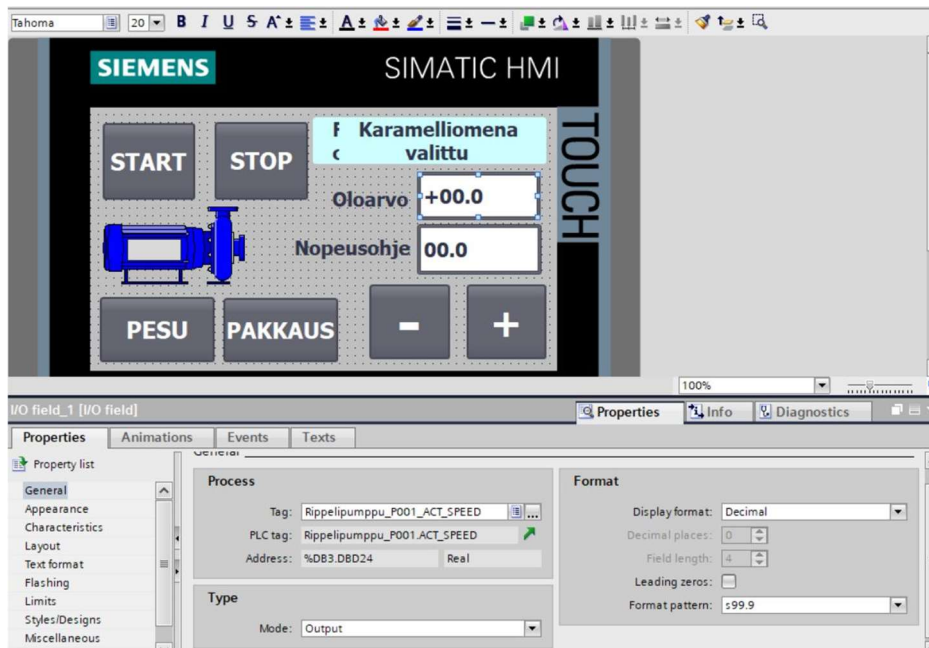
HMI-näytön objektien kartoitus aloitettiin keskustelemalla prosessinhoitajien kanssa siitä, mikä olisi heidän mielestään mieluisan ja käyttäjäystävällisen näköinen ohjausnäyttö. Prosessinhoitajat ilmoittivat, että päänäytöllä pitäisi näkyä milloin pumppu on käynnissä, pumpun pyörimisnopeus, nopeusohjeen arvo sekä mahdollisuus ohjata pumpun nopeutta 0,1 Hz:n tarkkuudella. Päänäytön lisäksi luotiin ”Reseptien valintanäyttö”, jonka painikkeiden avulla pystytään valitsemaan nimensä mukaan tietty resepti. Prosessinhoitajilta saatiin lisäohjeistuksena pyyntö luoda päänäytölle ponnahdusikkuna, joka ilmoittaa mikä resepti on valittuna.

HMI-näytön objektit lisättiin näyttöihin oikeasta reunasta löytyvältä ”Toolbox”-välilehdeltä. Objektit lisättiin valikosta päänäytölle sekä reseptien valintanäytölle vetämällä ja tiputtamalla. Objekteja löytyy useasta eri valikosta (kuva 35).



KUVA 35. Ohjaus- sekä reseptien valinta -näyttö. Kuvassa esillä käytetyt objektit.

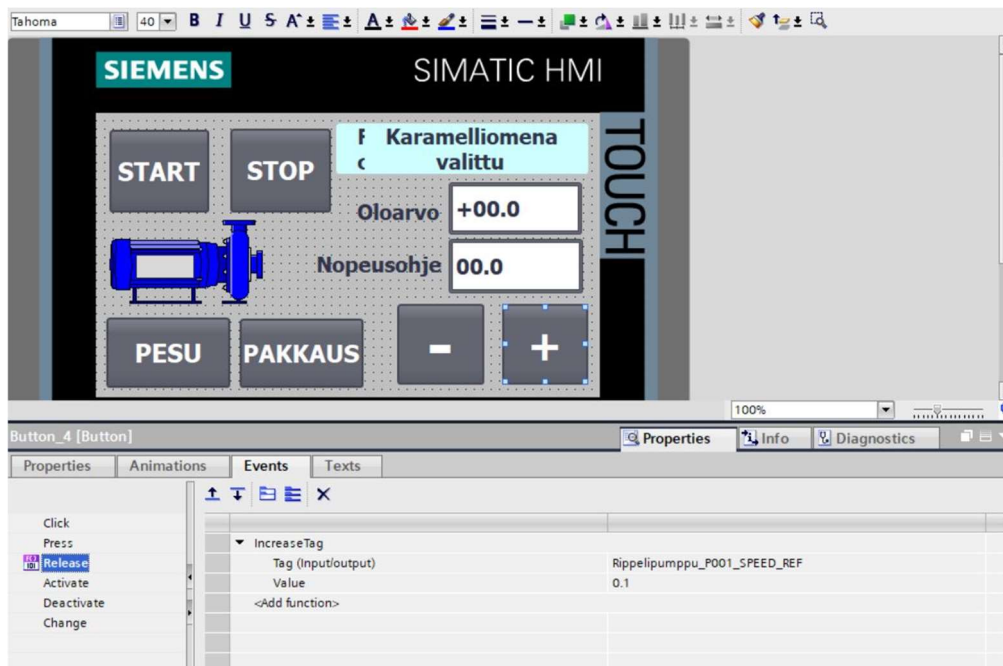
Tekstikenttä-objektien typeiksi asetettiin input, output tai input/output riippuen siitä halutaanko niillä ilmaista jonkin muuttujan arvo vai halutaanko niillä muuttaa jonkin muuttujan arvoa. Kuvassa 36 esimerkki tekstikentän liittämistä HMI-muuttujaan. "Oloarvo"-tekstikentällä tuotiin pumpun pyörimisnopeuden oloarvo ohjauspaneelin näytölle.



KUVA 36. Tekstikentän liittäminen FB500-toimilohkon instanssi datalohkon muuttujaan

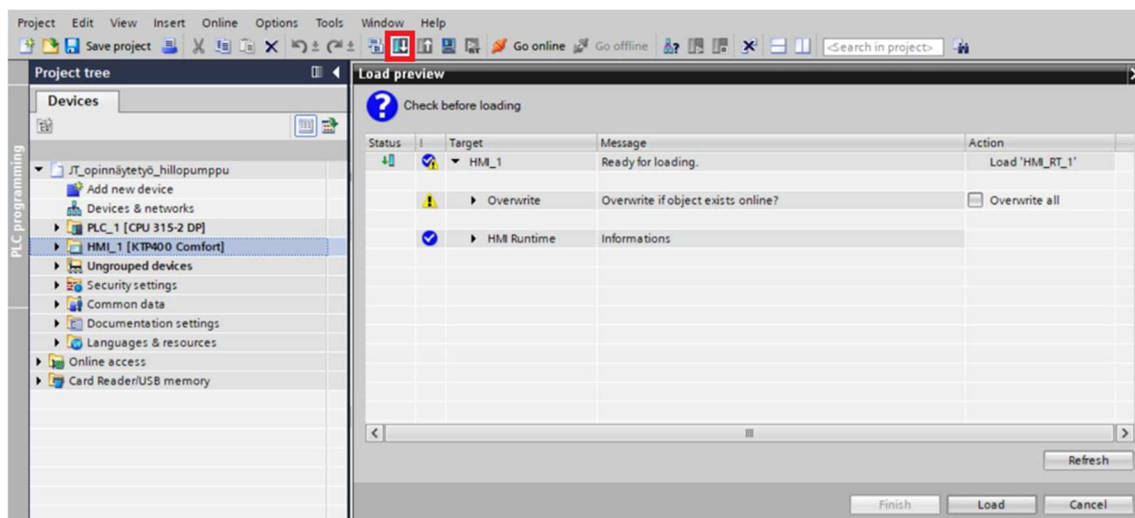
Näytön objekteille luotiin useita eri funktioita, joiden avulla aiemmin PLC-muuttujiin liitettyjen HMI-muuttujien arvoja voitiin muuttaa. Luotuihin funktioihin kuuluu esimerkiksi "IncreaseTag", "SetTag" sekä "ActivateScreen". Funktiot luotiin Objektien asetuksista "Events"-välilehdeltä. Painikkeiden

funktiot on mahdollista asettaa toteutuvaksi eri tavoin esimerkiksi painiketta painaessa tai painikkeen vapautuessa. kuvassa 37 esimerkki painikkeen "IncreaseTag"-funktion luomisesta.



KUVA 37. "IncreaseTag"-funktion luominen HMI-näytön painikeobjektille

Ohjelmaan luodut HMI-näytöt sekä muuttujalistat pakattiin kuvassa 38 esitetyllä tavalla, mutta tällä kertaa "Project tree" -näkymästä valittiin "Compile"-toiminnon kohteeksi PLC:n sijasta HMI. Pakkaamisen jälkeen näytöt ladattiin ohjauspaneelin muistiin Siemens TIA Portal -ohjelmiston yläpalkista löytyvän "Download to device" -painikkeen kautta (kuva 38). "Overwrite all" -toiminnolla voidaan ylikirjoittaa ohjauspaneelilla valmiiksi olevat tiedot.



KUVA 38. HMI-näyttöjen lataaminen ohjauspaneelille

Ohjelman valmistuttua tultiin siihen tulokseen, että hillon annostelupumpun perässä oleva puhallin ei ole tarpeeksi tehokas jäähdyttämään pumppua. Pumpun valmistajalle tehtiin tarjouspyyntö erilisestä pumpun perään asennettavasta puhaltimesta. Pumpun valmistajalta tilattiin ulkoisella 230VAC jännitteensyötöllä oleva puhallin, joka asennetaan pumpun perässä sijaitsevan puhaltimen tilalle (kuva 39).

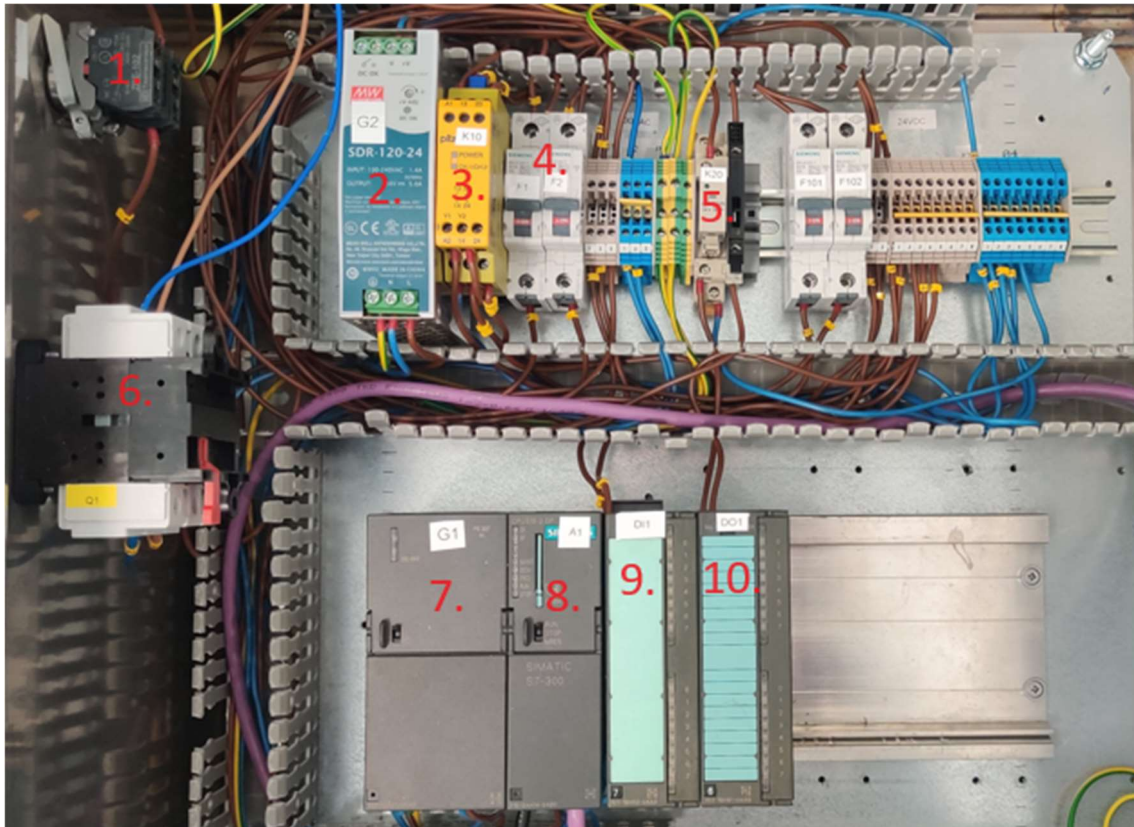


KUVA 39. Hillon annostelupumpun perään asennettava uusi puhallin

Uudelle puhaltimelle suunniteltiin releohjaus. Releen kela ohjataan digitaaliähtökortin 24VDC-jännitteellä. Uusi puhallin pyörii vakionopeudella hillon annostelupumpun pyörimisnopeudesta huolimatta.

6 KENTTÄKOTELON SUUNNITTELU

Kenttäkoteloiksi valittiin Rittalin ruostumattomasta teräksestä valmistettu vaihtoehto. Kenttäkotelo on mitoiltaan 500x500x300 mm. Prosessialueella on mahdollista roiskua nesteitä, joten kenttäkotelo-
n IP-luokituksen täytyi olla asianmukainen. Kyseessä olevan Rittalin kenttäkotelo-
n IP-luokitus on IP66. Kenttäkotelo-
n sisälle asennettiin asennuslevy, johon komponentit kiinnitettiin (kuva 40).



KUVA 40. Kenttäkotelo-
n sisältämät laitteet ja komponentit asennettuna asennuslevyyn sekä re-
unoihin

Kuvassa X on numeroilla merkitty seuraavat:

1. Hätä-seis-kytkin
2. SDR 120-24-jännitelähde
3. Turvarele
4. Johdonsuojakatkaisijat
5. 24VDC/230VAC-rele
6. Pääkytkin

7. Logiikan jännitelähde
8. Logiikka (CPU)
9. Digitaalitulokortti
10. Digitaaliähtökortti.

Kenttäkotelon sivulle ja kanteen tehtiin reiät kytkimille, LED-valolle, painikkeelle sekä ohjauspaneelille. Kanteen asennettujen laitteiden sijoituksessa otettiin huomioon käyttäjäystävällisyys prosessihoitajien näkökulmasta (kuva 41).



KUVA 41. Kenttäkotelon kansi

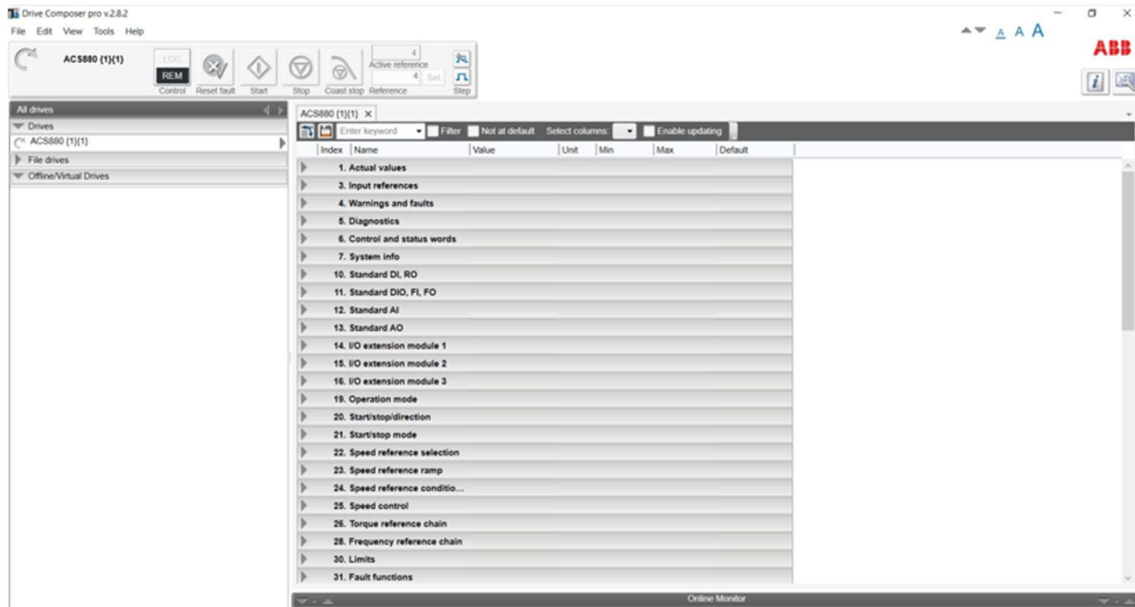
Kuvassa X on numeroilla merkitty seuraavat:

1. Ohjauspaneeli
2. LED-indikaattori
3. Häätä-seis-kuittauspainike
4. Ohjaustavan valintakytkin.

Kenttäkotelon sisäisten komponenttien väliseen kaapelointiin liittyvät piirikaaviot suunniteltiin CAD-MATIC 2023 Electrical -ohjelmistolla. Piirikaavioista selviää laitteiston väliset kaapeloinnit ja kaapelien ominaisuudet sekä tyypit (liite 1). Piirikaaviot helpottavat jatkossa vianselvitystä.

7 TAAJUUSMUUTTAJAN PARAMETROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Taajuusmuuttajan uuden ohjaustavan käyttöönotto aloitettiin yhdistämällä Siemens Field PG -ohjelmointilaite taajuusmuuttajaan USB-kaapelilla. USB-kaapeli liitettiin taajuusmuuttajan paikallisyhteydessä olevaan USB-porttiin. Taajuusmuuttajan parametrointiin käytettiin Siemens Field PG -ohjelmointilaitteelle asennettua ABB Drive Composer -ohjelmaa (kuva 42).



Kuva 42. ABB Drive Composer.

Taajuusmuuttajan parametroinnissa kiinnitettiin huomiota seuraaviin parametreihin:

1. Parametri 20.01 (kenttäväylän valinta)
2. Parametri 28.11 (kenttäväylän kautta tulevan taajuusohjeen lähde)
3. Parametri 50.01 (halutun kenttäväyläsovitinmoduulin valinta)
4. Parametri 50.02 (toiminto tiedonsiirtoyhteyden katketessa)
5. Parametri 51.01 (tiedonsiirtoprotokolla)
6. Parametri 51.02 (taajuusmuuttajan osoite kenttäväylän aliverkossa)
7. Parametri 51.05 (Tiedonsiirtoprofiilin valinta)
8. Parametri 52.01 (tilasanan tyyppi)
9. Parametri 52.02 (oloarvotiedon tyyppi)
10. Parametri 53.01 (ohjaussanan tyyppi)
11. Parametri 53.02 (ohjetiedon tyyppi)

Taajuusmuuttajan muutetut parametrit päivitettiin parametrilla 51.27 (FBA par refresh). Parametroidin jälkeen taajuusmuuttaja asetettiin ABB Drive Composer -ohjelmasta kauko-ohjaukselle (remote control). Kauko-ohjaustilassa pumppua ohjattiin ohjauspaneelin kautta sekä samalla oloarvoja seurattiin taajuusmuuttajan paikallinäytöltä. Taajuusohjetta sekä oloarvoja skaalattiin Siemens TIA Portal -ohjelmointityökalussa kunnes ne vastasivat taajuusmuuttajan paikallinäytöllä näkyviä arvoja.

8 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää jäätelönpakkauslinjastolla olevan hillon annostelupumpun taajuusmuuttajan ohjaus paikallisnäytöltä logiikalle sekä ohjauspaneelille, koska prosessin ohjaaminen taajuusmuuttajan paikallisnäytöltä voi aiheuttaa turvallisuusriskin eikä se ole tavanomaista. Opintojen aikana Siemens TIA Portal -ohjelmointityökalua on tullut käytettyä jonkin verran, mutta huomasin opinnäytetyön aikana, kuinka paljon on vielä opittavaa sen käytössä. Taajuusmuuttajista sekä kenttäväylistä ei ollut ollenkaan kokemusta käytännössä, ainoastaan teoriapohja oli käyty opinnoissa läpi. Opinnäytetyön aikana sain kasvatettua todella paljon osaamista näihin asioihin liittyen ja mikä tärkeintä sain yhdistettyä opintojen aikana tulleet asiat yhteen kokonaisuuteen.

Työn alkuvaiheessa Siemens TIA Portal -ohjelmointityökalulla ohjelmaa luodessa täytyi perehtyä erilaisiin tapoihin toteuttaa pumpun ohjaus ja samalla ottaa huomioon käyttäjäystävällisyys prosessinohitajien näkökulmasta. Ohjelmaa luodessa tuli opittua, ettei ohjauksia tarvitse luoda monimutkaisesti, jos saman lopputuloksen saa yksinkertaisemmalla tavalla.

Työn loppuvaiheessa taajuusmuuttaja parametroitiin ja käyttöön otettiin. Lopputuloksena valmistui prosessinohitajien mielestä mieluisasti käytettävä ohjaustapa. Kenttäväyläyhteyden luominen sekä parametrien muuttaminen onnistui suunnitellusti, mutta käyttöönotossa esiintyi hyvinkin suuria haasteita. Suurin haaste oli opinnäytetyön alkuvaiheessa ABB:n GSD-tiedoston mukana tulleen toimilohkon instanssidatalohkon muuttujiin itse tekemiäni muutosten seuraukset. Int-tyyppisten muuttujien vaihtaminen real-tyyppisiin muuttujiin laajensi instanssidatalohkon osoiteavaruutta sen verran, että tietyt muuttujat kirjoittivat toistensa päälle. Muutosten seurauksena toimilohko ei suostunut lähettämään ohjaussanaa taajuusmuuttajalle, vaikka muuttujien arvot käyttäytyivät tarkoituksenmukaisesti. Ohjaussana saatiin lähtemään taajuusmuuttajalle, kun aiemmin muutettujen muuttujien tietotyyppit vaihdettiin takaisin alkuperäisiin.

Työn aikataulu oli tiukka, mutta lopputulos on mielestäni erittäin hyvä. Opinnäytetyön toimeksiantajan suoma tukiverkosto sekä apu työn suorittamiseen toi suuren hyödyn. Pidän opinnäytetyön tekoprosessia hyvin opettavaisena sekä mielenkiintoisena.

LÄHTEET

1. Siemens 2003. SIMATIC S7-300 Automation system, hardware and installation: CPU 312IFM – 318-2 DP. Hakupäivä 18.3.2024. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/415/15390415/att_41918/v1/S7-300_IHB_e.pdf.
2. Siemens 2022. SIMATIC S7-300 Module data: Equipment manual. Hakupäivä 11.4.2024. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55794/v1/s7300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf.
3. MEAN WELL 2024. SDR-120-24-SPEC. Hakupäivä 11.4.2024. <https://www.mean-well.com/productPdf.aspx?i=138>.
4. Automationdirect. PLC Handbook: Practical guide to programmable logic controllers. Hakupäivä 11.4.2024. <https://cdn.automationdirect.com/static/eBooks/PLC%20Handbook.pdf>.
5. Siemens 1998. SIMATIC Structured control language SCL for S7-300/S7-400 programming. Hakupäivä 15.4.2024. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/188/1137188/att_27471/v1/SCLV4_e.pdf.
6. Siemens 2018. Programming guideline for S7-1200/1500. Hakupäivä 15.4.2024. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/040/90885040/att_970576/v1/81318674_Programming_guideline_DOC_v16_en.pdf.
7. PROFIBUS & PROFINET International 2016. PROFIBUS system description: Technology and application. Hakupäivä 16.4.2024. <https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=52380&to-ken=4868812e468cd5e71d2a07c7b3da955b47a8e10d>.

8. PROFIBUS & PROFINET International 2018. PROFINET system description: Technology and application. Hakupäivä 16.4.2024. <https://de.profibus.com/downloads/profinet-technology-and-application-system-description>.
9. Kippo, Asko K. & Tikka, Aimo 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
10. ABB 2024. ABB DRIVES: Technical guide No. 1: Direct torque control – the world's most advanced AC drive technology. Hakupäivä 18.4.2024. https://library.e.abb.com/public/3dc7259dcd684a55841165ddefe7eb3f/Technical_guide_No_1_3AFE58056685_RevD_EN.pdf?x-sign=J3o78P2hsVdhGgplQo-Xava612L6H2kw95Ah9e/XWbkyX4tQFTg0KfTDt1UhceXaY.
11. ABB 2018. ABB-teollisuustaaajuusmuuttajat: ACS880-perusohjausohjelma: Ohjelmointiopas. Hakupäivä 23.4.2024. <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS880-ohjelmointiopas.pdf>.

