

LABORATORION SÄÄTÖKÄYTTÖJEN OH- JAUSJÄRJESTELMÄN OHJELMOINTI JA JÄRJESTELMÄN DOKUMENTAATION PA- RANTAMINEN

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma			
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä			
Antero Vättö			
Työn nimi			
Laboratorion säätökäyttöjen ohjausjärjestelmän ohjelmointi ja järjestelmän dokumentaation parantaminen			
Päiväys	18 huhtikuu 2023	Sivumäärä/Liitteet	46/0
Toimeksiantaja			
Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä			
<p>Työ tehtiin suunnittelu- ja ohjelmointityönä Savonia-ammattikorkeakoululle. Tavoitteena oli suunnitella ja ohjelmoida ohjelmakokonaisuus säädetyille sähkökäyttöille räätälöitynä sähkötekniikan opetuksen tarpeisiin. Kehittämistarve syntyi laitteiston korvatussa käytöstä poistetut tasasähkökäytöt. Suunnitellusta ohjelmakokonaisuudesta tuli rakentaa koko ohjelmistokokonaisuuden kattava dokumentaatio.</p> <p>Jokainen laitekokonaisuus sisältää taajuusmuuttajan, logiikkayksikön, käyttöpaneelin ja epätahtikoneen. Työ koostui neljästä vaiheesta: Toiminnallisuuden määrittäminen, ohjelmarakenteen suunnittelu, ohjelmointi sekä viimeisenä käyttöönotto ja dokumentaatio. Ohjelmointi suoritettiin käyttämällä Siemensin TIA-Portal ohjelmointiympäristöä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ohjelmakokonaisuus, joka täytti sille asetetut toiminnalliset vaatimukset. Asiakkaalle toimitettiin myös dokumentaatio laitteen operoinnista, ohjelmarakenteen kuvauksineen, testauspöytäkirja, tila-kaaviot sekä ohjelman sisäisten muuttujien väliset vuorovaikutukset. Ohjelmakokonaisuus on käytössä yhteensä kolmessa eri laitekokonaisuudessa.</p>			
Avainsanat			
säädettävät sähkökäytöt, Profinet, ohjelmointi			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Antero Vättö	
Title of Thesis Development of laboratory's variable frequency drive control system and the associated documentation.	
Date 18 April 2023	Pages/Appendices 46/0
Client Organisation Savonia University of Applied Science	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Savonia University of Applied Sciences as an engineering and programming assignment. The aim of the thesis was to design and program a software suite for a variable frequency drive system which would be custom-built for the needs of teaching electrical engineering. The need for the development of the software suite emerged from the replacement of the aging Direct Current drive systems with this new drive system. Extensive documentation was also made from the software suite.</p> <p>Each system comprises of a single logic unit, human machine interface panel, squirrel cage motor, and a variable frequency drive. There were four distinct phases in making the thesis: Specification of functionality, designing of the software suite, Programming and lastly implementation of the system and documentation. Programming was done with the TIA Portal Engineering tool with its accessories developed by Siemens.</p> <p>The result of this thesis was a software suite which met the functional requirements made in the specifications. Associated documentation was provided to the customer, which includes operation instructions, the program structure with interpretations, a record of conformity, functional diagrams, and a diagram of argument and parameter relationships in the program. The software suite is currently being used in three distinct configurations of drives.</p>	
Keywords Variable frequency drives, electric drives, Profinet, Programming	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Käsitteet.....	7
2	TEORIA	9
2.1	Sähkökäyttöjen taustaa & konetyypit	9
2.1.1	Epätahtikoneet	9
2.1.2	Tahtikoneet.....	10
2.1.3	Kestomagneettikoneet	11
2.2	Taajuusmuuttaja & oikosulkukoneen ohjaustavat	11
2.2.1	Skalaarisäätö.....	12
2.2.2	Vektorisäätö	12
2.2.3	Suora Momenttisäätö	13
2.3	Taajuusmuuttajan ohjelmarakenne	13
2.3.1	Sovellusohjelma.....	13
2.3.2	Laiteohjelma	14
2.4	Logiikkalaite PLC.....	14
2.5	Väyläteknikka ja Profinet-kommunikointi	15
2.6	Profidrive-profiili	19
2.7	Automaatiolaitteiston suunnitteleminen ja käyttöönotto	22
3	TOTEUTUS.....	23
3.1	Toteutuksen aikataulusta ja toteutustavoista	23
3.2	Aikataulu	23
3.3	Ohjelmarakenteen suunnitteleminen	25
3.4	Taajuusmuuttajan parametointi	27
3.5	Logiikan ohjelmoiminen	35
3.6	Datan siirtäminen logiikan ja taajuusmuuttajan välillä.....	37
3.7	Käyttäjäräjäpinta	43
4	YHTEENVETO.....	45
5	LÄHDELUETTELO.....	46

KUVALUETTELO

Kuva 1 Häkkimallinen roottorirakenne Epätahtikoneessa (Hietalahti, Säädetty sähkömoottorikäytöt, 2012).	9
Kuva 2 Radiaali- ja aksiaalirakenne (Hietalahti, Säädetty sähkömoottorikäytöt, 2012).	11
Kuva 3 Skalaarisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).	12
Kuva 4 Vektorisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).	12
Kuva 5 Suoran momenttisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).	13
Kuva 6 Taajuusmuuttajan ohjausrakenne (ABB, 2014).	13
Kuva 7 PLC-järjestelmä (Bolton, 2006).	15
Kuva 8 Profinet kommunikointiprotokollat (Siemens AG, 2021).	16
Kuva 9 Profinet verkon rakenne (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).	16
Kuva 10 Kommunikointikanavat profinetissä (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).	17
Kuva 11 Vaatimuksenmukaisuusluokitukset (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).	17
Kuva 12 IO-laitteen rakennekuvaus (Siemens AG, 2021).	18
Kuva 13 Profinet-rakennekuvaus IO-laitteelle (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).	18
Kuva 14 IO-datan osoittaminen Profinetissä käyttäen korttipaikkoja ja alikorttipaikkoja (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).	19
Kuva 15 Profidrive-profiilin arkkitehtuuri (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).	20
Kuva 16 Laiteluokat ja niiden väliset yhteydet (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).	20
Kuva 17 kommunikointimalli Käyttökohteen ja väylän välillä (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).	21
Kuva 18 Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Suomen Automaatioseura ry, 2007).	22
Kuva 19 Taajuusmuuttajan yleiskaavio (Vättö, 2022).	25
Kuva 20 Logiikkaohjelman yleiskaavio (Vättö, 2022).	26
Kuva 21 "Comissioning Wizard" - konfigurointityökalun ikkuna ohjelmointiympäristössä.	27
Kuva 22 Moottorin ja takaisinkytkennän tiedot.	27
Kuva 23 Ylikuormitettavuuden tyyppi.	28
Kuva 24 Ylikuormitustapojen erot (Siemens AG, 2020).	28
Kuva 25 Parametrinäkökulma ohjelmointiympäristössä.	29
Kuva 26 Moottorin ID-ajo ruutu.	30
Kuva 27 Säättämätön nopeussäädin erilaisilla kuormilla (Siemens AG, 2020).	30
Kuva 28 Säättötavan valinta P1300.	31
Kuva 29 Yleiskuva taajuusmuuttajan toiminnoista (Siemens AG, 2020).	31
Kuva 30 Komentodatasetit esimerkki käytöstä (Siemens AG, 2020).	32
Kuva 31 Komentodatasetin vaihtobitti.	32
Kuva 32 Nopeussäädön ohjaustapakaavio (Siemens AG, 2020).	33
Kuva 33 Momenttisäädön ohjaustapakaavio (Siemens AG, 2020).	33

Kuva 34 Käytön datasetit (Siemens AG, 2020).	34
Kuva 35 Käyttödatasetin valintabitti.....	34
Kuva 36 Profiilin telegrammien pituuden määrittäminen Master-PLC:lle	34
Kuva 37 Taajuusmuuttajan lähettämä data Master-PLC:lle.....	35
Kuva 38 Taajuusmuuttajan väylästä vastaanottama data Master-PLC:ltä.	35
Kuva 39 S7-1200/1500 yhteensopivat ohjelmointikielet (Siemens AG, 2013).	35
Kuva 40 Optimoitu muistinhallinta vs. optimoimaton (Siemens AG, 2013).	36
Kuva 41 DPRD_DAT kuva lohkoista FBD-muodossa ja luettava puskuri Receiver lohkon sisältä.	38
Kuva 42 Receiver lohko SCL-kielellä datan käsittely esitettävään muotoon.	38
Kuva 43 Receiver FB Main OB:ssa	39
Kuva 44 Controller funktio DPWR_DAT lohko ja datan pakkaus puskuriin.....	40
Kuva 45 STW käsittelyä Controller lohkoissa.	40
Kuva 46 Hälytystenlukufunktio Main OB:ssa.....	41
Kuva 47 Sinapara-funktio, joka hoitaa hälytysten lukemisen hälytystenlukufunktiossa.	41
Kuva 48 Profidrive telegram 352 rakennekaavio (Siemens AG, 2020).....	42
Kuva 49 Parametrien lukeminen ja kirjoittaminen Sinaparalla.....	42
Kuva 50 Parametrien valintaruutu HMI:llä.....	42
Kuva 51 Laitekatalogi, josta laitteet lisätään network-näkymään.	43
Kuva 52 Kommunikointiprofiilit TP700 paneeli (Siemens AG, 2023).....	43
Kuva 53 Ruutukaappauksia valmistuneesta paneeliohjelmasta.	44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa ohjelmakokonaisuus ja parantaa opetuskäytössä olevien sähkökäyttökokonaisuuksien dokumentaatiota. Dokumentaatio sisältää uuden ohjelman toiminnallisuuden, laitteiden välisten rajapintojen signaalit listattuina sekä testaus suunnitelman. Lopuksi käyttöönotto suoritetaan testaus suunnitelman mukaisella tavalla.

Tarve ohjelmarakenteen parantamiselle syntyi, kun säädetyt tasasähkökäyttöiset opetuspenkit poistuivat käytöstä vuonna 2020 ja säätökäyttöjen oppilastyönä kehitetyllä ohjelmistolla ei ollut mahdollista saavuttaa parasta mahdollista toiminnallisuutta uusilla laitteilla.

Laitteiston sähköisten ja mekaanisten komponenttien toimittajana on Siemens Oy. Laitteisto koostuu logiikkayksiköstä, joka toimii kokonaisuuden hallinnollisena isäntänä, komentomoduulista ja tehoyksiköstä, jotka yhdessä tuottavat epätahtikoneelle vääntömomentin sekä HMI-komentopaneelist mistä käyttäjä asettaa syötteen ja vastaanottaa tietoa käytön tilasta, sekä pystyy säätämään käytön ominaisuuksia.

Laitteet kommunikoivat käyttäen Ethernetin ominaisuuksiin pohjautuvaa teollisuuden väylätekniikkaa, Profinet:iä. Työ tehdään Savonia-ammattikorkeakoulun sähkötekniikan osastolle tilaustyönä.

Tässä työssä käsitellään lyhyesti sähkökäyttöjen säätöä ja sen periaatteita, logiikkalaitteita, ohjelmointia ja parametroitintia Siemensin tuottamalla Tia-Portal-ohjelmointiympäristöllä sekä Profinet:iä ja siihen liittyvää Profidrive-käyttöprofiilia. Lisäksi työssä kerrotaan automaatiojärjestelmän ohjelmasuunnittelusta yleisesti.

Kiitokset ONT-valvojille ja Savonia-ammattikorkeakoululle, joka toimi tämän työn tilaajana.

1.1 Käsitteet

STW = Steuerwort = Määritelty ohjaussana Siemens käytöille (2 tavua)

ZSW = Zustandswort = Määritelty tilasana Siemens käytöille (2 tavua)

PZD = Prozessierendata = Prosessidata väylässä (2 tavua)

SCL = Structured control language = Tekstipohjainen ohjelmointikieli

FBD = Function block diagram = Graafinen ohjelmointikieli (Lohkokaavio)

LAD = Ladder logic diagram = Graafinen ohjelmointikieli (Tikapuukaavio)

Invertteri = Taajuusmuuttaja tässä dokumentissa

RJ45 = Registered Jack type 45 = 8-pinninen verkkoliikenneliitin

CSV = Comma separated values = Pilkkulla erotettu tekstitiedosto

Roottori = Sähkömoottorin akseliin kiinnitetty pyörivä osa

Staattori = Sähkömoottorin roottorin ympärille asetettu liikkumaton osa

Syklinen = Jaksollinen

Asyklinen = Ei jaksollinen

HMI = Human-machine interface = Paneeli tai näppäimistö

endiaanisuus = Tavujen luku/kirjoitusjärjestys taulukossa

OSI-malli = Open Systems Interconnection Reference Model = Kuvaa tiedonsiirtoprotokollien käyttämät sähköiset ja fyysiset ominaisuudet yhteen kerrosmalliin.

I/O = Inputs/outputs = Fyysinen rajapinta, josta käyttäjän ohjelma lukee tai kirjoittaa dataa. lukeminen ja kirjoittaminen kerran prosessikierron aikana.

PI = Process image = Muistipuskuri johon käyttäjän ohjelman sekä IO:n välillä, päivittyy kerran prosessikierron aikana. IO tallettuu tänne.

Kirjasto = Laitevalmistajan tai käyttäjän tekemä ohjelmakirjasto, johon on rakennettu ohjelman osia.

Periferaasoitteisto = IO:n fyysinen osa

2 TEORIA

2.1 Sähkökäyttöjen taustaa & konetyypit

Tasasähkömoottorien ja vaihtosähkömoottorien variaatiot ovat olleet moottorityyppejä, joita ihmis-kunta on käyttänyt jo yli sadan vuoden ajan. Tasasähkökone on ollut suosituin sähkömoottorin tyyppi, kunnes puolijohdetekniikka kehittyi merkittävästi ja piimateriaalin hinta laski maailmanlaajuisesti.

Tasasähkömoottorien säätäminen on ollut suhteellisen helppoa matemaattisesti ja käytännöllisesti, mutta vaihtosähkökoneisiin verrattuna ylläpitokustannukset muodostuvat moottorityypin rasitteeksi. Vaihtosähkömoottoreissa on yleisesti matalammat huoltokustannukset perinteisen tasasähkömoottoriin verrattuna kommutaattoriharjasten puuttumisen vuoksi. Vaihtosähkömoottoreiden pääasiallisina huoltotarpeen määrittäjinä on laakereiden kestävyys.

Vaikka tasasähkökoneet ja vaihtosähkömoottorit ovat rakenteeltaan ja säätömenetelmiltään erilaisia, niin säädettävät suureet ovat samoja.

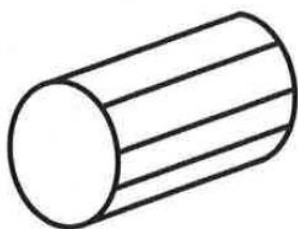
Vaihtosähkömoottoreihin kuuluu kolme pääasiallista konetyyppiä.

- Epätahtikoneet
- Tahtikoneet
- Kestomagneetikoneet

Yhteinen tekijä moottoreissa on se, että kytkettävän verkon taajuus määrittää moottorin pyörimisnopeuden napaparien lukumäärän mukaisesti. Koneessa syntyvä virtakomponentti määrittää koneen tuottaman väännön ja väännön virtakomponentti syntyy roottoriin ja staattoriin välisen päävuon ja roottorin muodostaman vastustavan vuon yhteisvaikutuksesta koneen napoihin.

2.1.1 Epätahtikoneet

Epätahtikoneet ovat nimensä mukaisesti moottoreita tai generaattoreita, joissa koneen staattorikäämit yhdistävät vaiheet toisiinsa joko Y- tai Δ -konfiguraatiossa. Konetyypin eri variaatiot muuttavat roottorin mallia ja muotoa muotoillen roottorissa kulkevan magneettivuon kulkureittiä. Yksinkertaisin näistä variaatioista on perinteinen häkkimallinen roottori, vuon kulkeutumista on kuitenkin tehostettu laskemalla vuon kulkeman piirin reluktanssia täyttämällä roottori laminoiduilla metallisilla liuskoilla.



Kuva 1 Häkkimallinen roottorirakenne Epätahtikoneessa (Hietalahti, Säädetyt sähkömoottorikäytöt, 2012).

Epätahtikoneet ovat joustavia säätötavoiltaan, koneissa säädettävänä voi olla vääntö sekä pyörimisnopeus ja näiden avulla koneen tuottama teho.

Epätahtikoneiden olennaisin asia on jättämä, jättämä kertoo kuinka paljon roottorin fysikaalinen pyörimisnopeus, ja staattorin magneettikentän pyörimisnopeus eroavat toisistaan. Mikäli jättämä on yli 0, leikkautuu roottorin oikosuljettu häkki päävuon toimesta, tämä indusoi jännitteen häkkiin, joka tuottaa virran, ja siten voimavaikutuksen roottorin muodostaman kentän ja päävuon välille.

Liukurengaskoneita ei tässä työssä käsitellä.

2.1.2 Tahtikoneet

Tahtikoneet ovat vakionopeuskoneita, joiden säädettävä ominaisuus on vääntö. Pyörintänopeus on sidottu verkon taajuuteen, jolloin jäykässä verkossa, nopeus on vakio, jota ei voi muuttaa. Tahtikoneiden pääasiallinen käyttötarkoitus on generaattorikäytöissä, joissa koneet tuottavat sähköä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Vierasmagnetoituja tahtikoneita on kahdenlaisia, avonapaisia sekä umpinapaisia.

Reluktanssikoneissa roottorin läpi kulkeva magneettivuo ohjataan siten, että roottori muotoilunsa ansiosta asettuu otollisimpaan tilanteeseen ulkoisen magneettivuon suuntaisesti.

Vierasmagnetoitujen tahtikoneiden staattoriipiiri on kytketty kuten epätahtimoottorissa, mutta roottori muistuttaa tasasähkökonetta naparakenteensa ja liukurenkaidensa vuoksi. Roottoriin syötetään ulkopuolisella jännitelähteellä virta, jonka aiheuttama magneettivuo kiinnittyy yhdensuuntaiseksi staattorin aiheuttaman ulkopuolisen verkon muodostamaan vuohon muodostaen väännön.

Tapauksia, jossa roottorin magneettivuo irtoaa staattorivuon kentästä, kutsutaan "tahdistaputoamiseksi". Tällöin magneettinen kytkentä hajoaa ja kone täytyy pysäyttää ja irrottaa verkosta, jonka jälkeen tahdistaminen tulee aloittaa uudelleen.

Tällaisia tilanteita aiheuttavat mm. suuret hetkelliset kuormitukset.

2.1.3 Kestomagneettikoneet

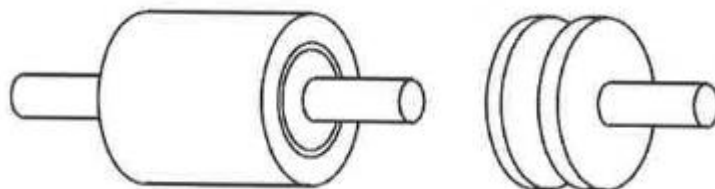
Kestomagneettikoneiden kehitys on edennyt kestopagneettimateriaalien kehityksen ansioista. Kestomagneettikoneen periaate on esitetty jo ennen induktiomoottori keksimistä. Kestomagneettikoneiden etu epätahtikoneeseen verrattuna on korkea hyötysuhde ja korkea vääntömomenttitiheys (Hietalahti, Muuntajat ja sähkökoneet, 2011).

Kestomagneettimootoreihin törmää arkipäiväisessä elämässä yhä useammin, tällä hetkellä maailman arvokkain sähköautonvalmistaja, Tesla käyttää valmistamissaan ajoneuvoissa synkronireluktanssi-kestopagneettimootoreita niiden tarjoaman suuren lähtömomentin, säädettävyyden sekä hyvän hyötysuhteen moottoritienopeuksissa vuoksi (Kane, 2020).

Kestomagneettimoottorien ongelma aiemmin oli kestopagneettimateriaalin herkkä demagnetoituminen, 80-luvulla kehitetyt neo-magneetit eivät ole erityisen alttiita ulkopuolisten kenttien aiheuttamille muutoksille, mutta suuret lämpötilat laskevat näiden magneettien koersitiivivoimia (Hietalahti, Muuntajat ja sähkökoneet, 2011).

Tänä päivänä kestopagneeteilla varustetut sähkömoottorit ovat käytössä tarkkuutta vaativissa prosesseissa, tätä konetyyppiä kutsutaan usein nimellä "servomoottori".

Kestomagneettikoneella on monia erilaisia rakenteita radiaalisessa rakenteessa ja aksiaalisessa rakenteessa, mutta yksinkertaisin ja halvin tapa on asentaa roottorin pinnalle kestopagneetteja (Hietalahti, Muuntajat ja sähkökoneet, 2011). Kuvassa 2 on esimerkit kummastakin roottorityypistä.



Kuva 2 Radiaali- ja aksiaalirakenne (Hietalahti, Säädetyt sähkömoottorikäytöt, 2012).

Käyttämällä magneettisesti energiarikkaita materiaaleja, voidaan moottorin kokoa pienentää ja saada sama tehoulostulo epätahtikoneeseen verrattuna. Kestomagneettikoneiden varjopuolena on niiden heikot ominaisuudet kentänheikennysalueella.

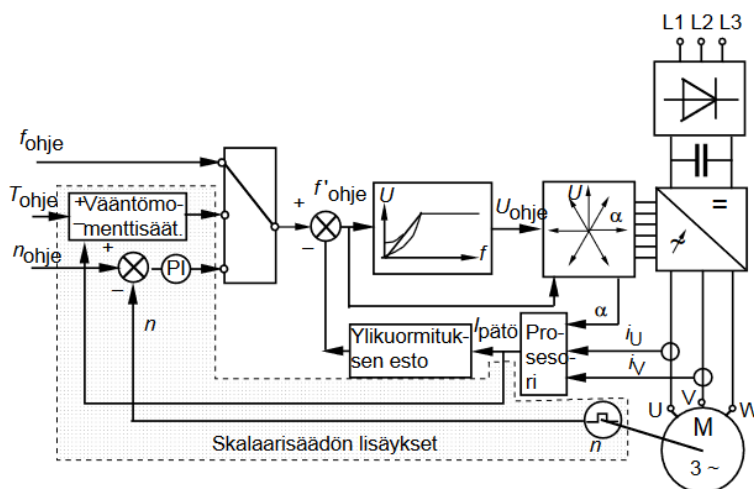
2.2 Taajuusmuuttaja & oikosulkukoneen ohjaustavat

Taajuusmuuttajissa käytetyt kolme yleisintä moottorinohjaustapaa ovat:

- Skalaarisäätö
- Vektorisäätö
- Suora Momenttisäätö

2.2.1 Skalaarisäätö

Skalaarisäätö on yksinkertainen ohjausmenetelmä, puhdas skalaariohjaus ottaa vastaan taajuusohjeen, jonka perusteella taajuusmuuttaja syöttää modulaattorin avulla U/f – käyrän mukaista jännitettä ja taajuutta moottorin navoille. Skalaariohjauksen lohkokaavio on kuvassa 3.



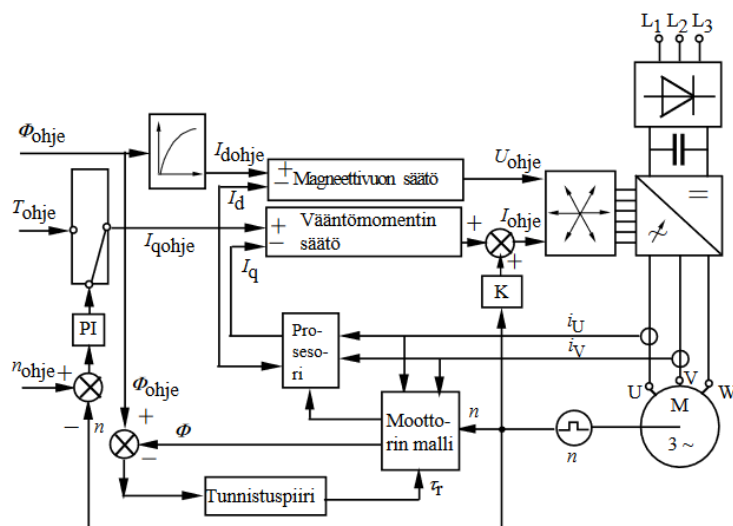
Kuva 3 Skalaarisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).

Usein skalaariohjaus on takaisinkytkemätön avoin ohjausjärjestelmä, jolloin säätötapa ei reagoi kuormituksen muutoksiin.

2.2.2 Vektorisäätö

Vektorisäätö on takaisinkytketty moottorinohjausjärjestelmä, mutta nykyisten taajuusmuuttajien laskentakyvyn vuoksi takaisinkytkemätöntäkin vektorisäätöä voidaan käyttää moottorimallin avulla, mutta heikommalla takaisinkytkentävasteella.

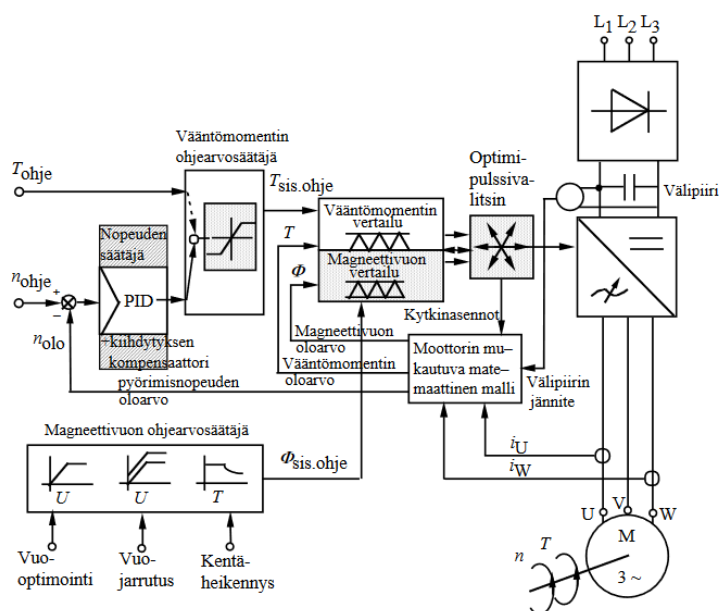
Vektorisäätö asettelee moottorille syötettävän virran Q -, ja D -komponentteihin, D -komponentti säätelee moottorin magnetoinnin määrän ja Q -komponentti tuotettavan momentin määrää, josta säädetään syötettävä jännitteen määrä ja jännitteen syöttökulma. Moottorin tuottama momentti on päävuon ja roottorivirran vektoritulo, vektorisäädön lohkokaavio on kuvassa 4.



Kuva 4 Vektorisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).

2.2.3 Suora Momenttisäätö

Suora momenttisäätö ohjaa suoraan moottorin perussuureita, momenttia ja pyörimisnopeutta. moottorin virta ja invertterin tasajännitepiiriin jännite mitataan jaksollisin väliajoin ja syötetään moottorin mukautuvaan malliin. Malli laskee vuon ja vääntömomentin oloarvot jaksollisesti. Kuvassa 5 on nähtävissä suoran momenttisäätimen lohkokaavio.



Kuva 5 Suoran momenttisäädön lohkokaavio (ABB, 2000).

2.3 Taajuusmuuttajan ohjelmarakenne

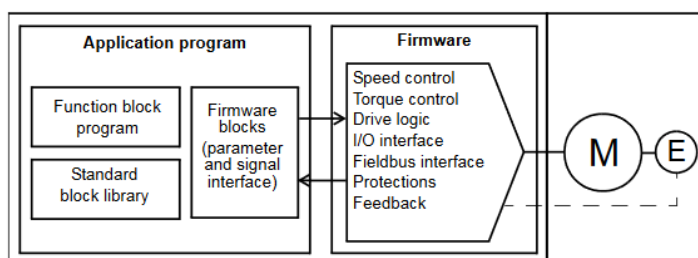
Taajuusmuuttajan ohjelmisto koostuu kahdesta osasta:

- Sovellusohjelmasta
- laiteohjelmasta

2.3.1 Sovellusohjelma

Sovellusohjelma on ohjelmistorakenteen ylin taso ja se on käyttäjän muokattavissa, tällä tasolla on mahdollista luoda käyttäjän omia ohjelmia käyttämällä taajuusmuuttajan sisäistä suoritinta. Tällä tavalla voidaan joissain tapauksissa säästyä ulkoisen logiikkalaitteen lisäämiseltä ohjauspiiriin, sovellusohjelmalla on rajapinta laiteohjelmaan.

Sovellusohjelman muokkaamiseen käytetyt työkalut eivät kuulu normaaliin laitetoimitukseen, vaan ne on tilattava erikseen. Käytännössä tällä tasolla muokataan sovellusmakrot valmiista pohjista käyttötarkoituksiin sopivaksi.



Kuva 6 Taajuusmuuttajan ohjausrakenne (ABB, 2014).

2.3.2 Laiteohjelma

Laiteohjelma on rajapinta sovellusohjelman ja laitteiston välillä, laiteohjelma on kovakoodattu, ja sen sisäisiä funktioita ja muuttujia ei voi muokata. Laiteohjelma tarjoaa sovellusohjelmalle mahdollisuuden vaikuttaa laitteiston toimintaan. Laitteiston päätoiminnallisuus koostuu laiteohjelmistosta, joka tarjoaa mm tärkeimpänä, moottorinohjauksen ja kommunikointirajapinnat.

Laiteohjelman ja sovellusohjelman välistä vuorovaikutus voidaan helposti kuvata ihmisellä, joka ajaa autoa ja säättää nopeutta painamalla kaasupoljinta. Ihminen on sovellusohjelma, jolle on tarjottu rajapinta, kaasupoljin. Kaasupoljin on laiteohjelman osa, siinä on määritelty sisääntulo, painettu voima. Kaasupoljin vastaanottaa tiedon polkimen potentiometriltä ja asettaa ajotietokoneen ulostulot siten, että imuläppä, laiteohjelman ulostulo asetetaan määriteltyyn asentoon ja suuttimet, myös laiteohjelman ulostulo syöttävät tietyn määrän polttoainetta sylintereihin.

Ihmisen, sovellusohjelman ei tarvitse tietää laitteen sisäisestä toiminnasta, vain siitä mitä haluaa laitteen tekevän. Laiteohjelma suorittaa spesifit yksityiskohdat abstrahoiden ne yhden rajapinnan taakse.

2.4 Logiikkalaite PLC

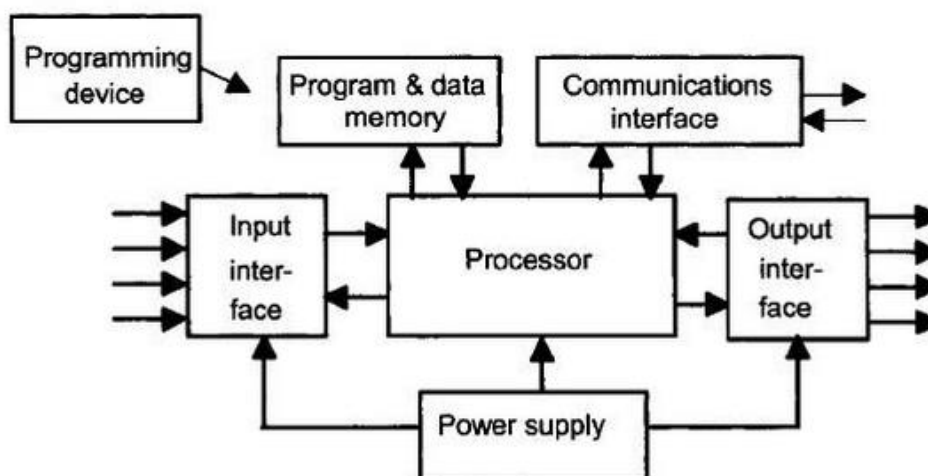
Ohjelmoitava logiikkayksikkö esiteltiin 1960-luvun lopussa. Lyhenne PLC tulee sanoista "Programmable Logic Controller".

Logiikkayksikön tarkoituksena oli yksinkertaistaa teollisuuden prosessiohjausjärjestelmiä keskittämällä ne yhteen puolijohdelaitteeseen korvaten käytössä olleet kovakytketyt releohjausjärjestelmät. Uuden järjestelmän kriteereinä oli helppo uudelleenohjelmoitavuus, yksikön tulisi sietää prosessin aiheuttamaa häiriötä sekä sisältää ulos- ja sisääntulopisteet prosessille.

Logiikkayksiköt otettiin käyttöön ensimmäisenä autoteollisuudessa ja ne ovat olleet osana teollisuuden prosessinohjausjärjestelmiä tästä asti.

PLC-järjestelmä koostuu seuraavista osista, nämä ovat esitettyinä kuvassa 7:

- Prosessori
- Muistit
- Sisään- ja ulostuloyksiköt
- kommunikointimoduuli
- teholähde
- Ohjelmointityökalu



Kuva 7 PLC-järjestelmä (Bolton, 2006).

Yksikkö suorittaa sisällään käyttäjän luomaa ohjelmaa, jolla voidaan suorittaa haluttu looginen toimenpide, oli sitten kyseessä pieni tai suuri toimenpiteistä koostuva prosessi. tallennettu ohjelma tuodaan ohjelmointityökalulta laitteiston muistiyksikköön, joka koostuu työmuistista ja ROM-muistista.

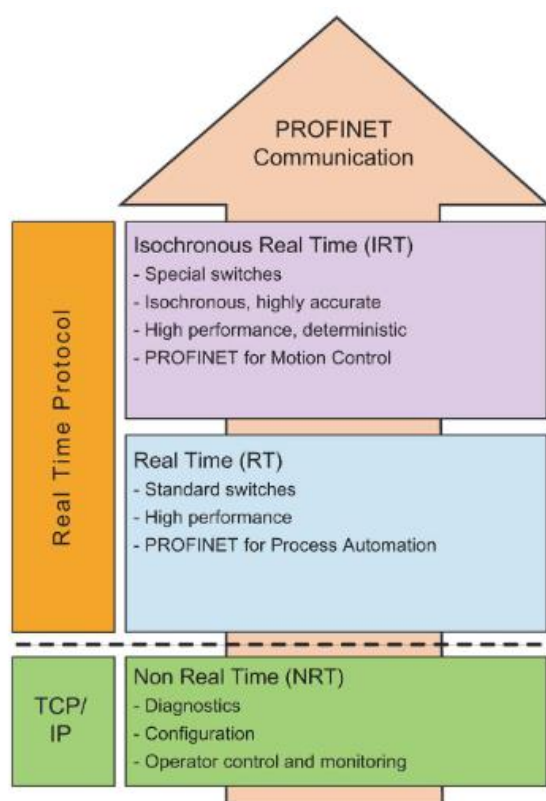
Logiikkayksiköllä käsitellään laitteen ulkopuolelta tulevaa dataa sisään- ja ulostuloyksiköiden avulla, Näillä yksiköillä voidaan tuoda diskreettiä, digitaalista ja analogista tietoa jännitesignaalin avulla. Logiikkayksiköt voivat keskustella toistensa kanssa kommunikointimoduulin avulla, mikäli soveltuva tietoliikenneväylä on määritetty kahden tai useamman laitteen välille.

2.5 Väylätekniikka ja Profinet-kommunikointi

Profinet tulee sanoista "PROcess FIeld NET", Profinet on avoin standardi teollisuusautomaation tarpeisiin, joka pohjautuu teolliseen Ethernetiin. Profinetin on tarkoitus kattaa kaikki teollisuuden tiedonsiirroliset tarpeet ja on määritelty valmistajariippumattomaksi kommunikointistandardiksi, Profinet on standardoitu IEC-Standardeissa 61158 ja 61784. Profibus-käyttäjäorganisaatio vastaa standardin kehittämisestä. Standardi käyttää OSI-mallin fyysisenä siirtotasona Ethernetin fyysisiä standardeja, joissa on määritelty fyysinen liitäntä käyttäen parikaapelointia tai valokuituliitäntöjä, yleisin liitin on RJ45 (Registered jack 8P8C).

Profinet perustuu kolmeen eri kommunikaatiotyyppiin:

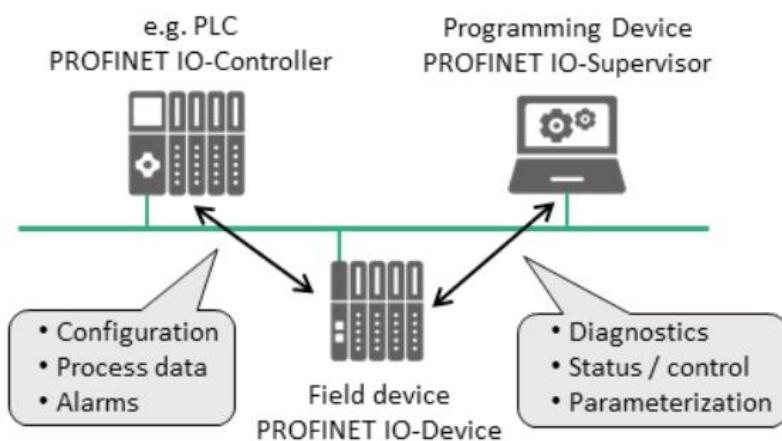
1. TCP/IP tai UDP protokollat, joita käytetään kommunikointiin, joissa ei ole aikarajoituksia. Kaikki epäsäännöllinen, eli asyklinen tiedonsiirto laitteiden välillä, tehdään käyttäen näitä protokollia.
2. Real Time (RT) nopea tiedonsiirtoprotokolla, joka ohittaa OSI-mallissa tasot 4–6, tällä protokollalla pystytään saamaan tiedonsiirtonopeus, jopa 5–10 ms per lähetetty/vastaanotettu paketti.
3. Isochronous real time-channel (IRT kanava), erittäin nopea protokolla, joka perustuu kommunikaatiolaitteiden synkronointiin yhteisen Master-laitteen asettaman kellon avulla. Alle 1 ms per lähetetty/vastaanotettu paketti.



Kuva 8 Profinet kommunikointiprotokollat (Siemens AG, 2021).

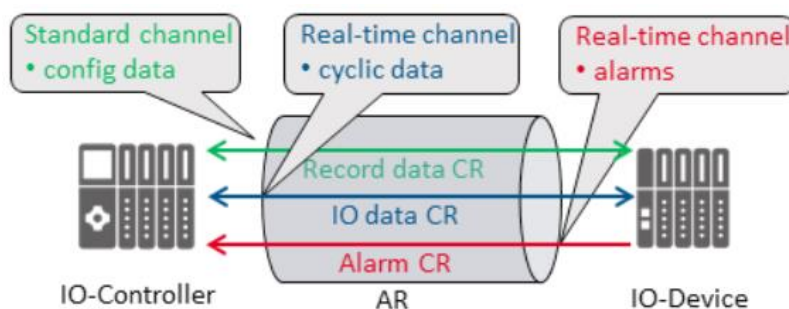
Profinet-malli koostuu kolmesta pääkomponentista:

- Master-laite: IO-controller, PLC
- Ohjelmointityökalu: PC, HMI
- IO-Laite: jaettu IO-laite, käyttö



Kuva 9 Profinet verkon rakenne (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).

Master-laite ja IO-laite kommunikoivat keskenään käyttäen kolmea eri kanavaa, jotka ovat Application Relationin:n (AR) sisällä. Näitä kanavia kutsutaan Communication relation (CR) – kanaviksi, näissä kanavissa on yksiselitteisesti määritelty kommunikaation tyyppi.

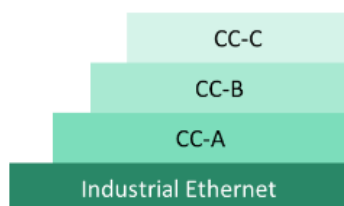


Kuva 10 Kommunikointikanavat profinetissä (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).

Profinet laitteet määritellään ohjelmointityökaluissa GSDML-tiedostoilla. Nämä tiedostot pitävät sisälleen kaikki laitteen attribuutit. Se sisältää tiedon laitteen sisältämistä moduuleista, alimoduuleista ja mahdollisista kanavista sekä osoitteista. Tämä data on yksiselitteisesti luettavissa.

Profinet-verkossa IP-osoitteet ovat toissijaisia ja laitetta kutsutaan ensisijaisesti profinet-nimen perusteella ja toissijaisesti MAC-osoitteen avulla. Laitteen nimi osoitetaan käyttämällä MAC-osoitetta DCP-protokollalla Master-laitteen tai ohjelmointityökalun avulla. IP-osoitteet ovat myös osana laitteita, sillä ne ovat yhteensopivia Ethernet-laitteiden kanssa.

Profinet-laitteet on luokiteltu vaatimuksenmukaisuusluokkiin sen perusteella, kuinka nopeaan kommunikointiin kyseinen laite kykenee. Paras on luokka CC-C, joka tukee IRT-protokollaa.



Kuva 11 Vaatimuksenmukaisuusluokitukset (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018).

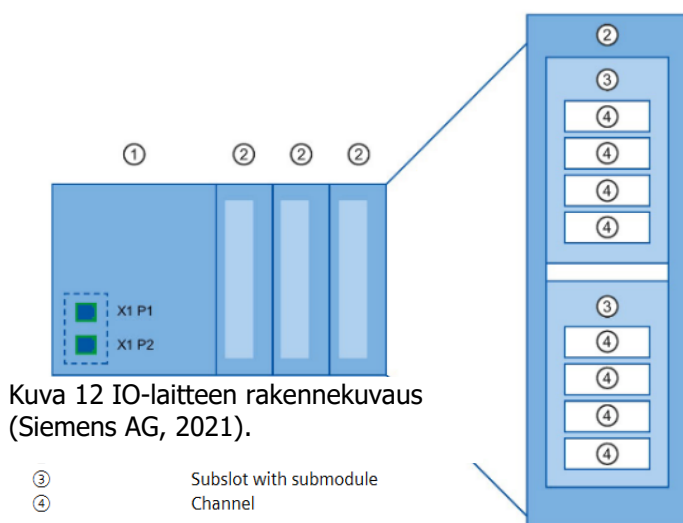
Profinet tukee seuraavanlaisia verkkorakenteita:

- Tähtirakenne
- Linjarakenne
- Puurakenne

Profinet-kenttälaitteen rakenne on modulaarinen ja koostuu korttipaikoista, jotka sisältävät moduuleja, joiden sisällä on alimoduuleja. moduulin ei tarvitse olla fyysinen, vaan moduuli voi olla myös täysin virtuaalinen.

Mikäli alimoduuleja on paljon, voidaan moduuliin asettaa vielä virtuaalisia alikorttipaikkoja, johon on asetettu alimoduuleja kuten kuvassa 13 nähdään.

Alimoduuliin sisällä on kanavia, joka on rakenteen alin taso. Tämä kanava voi olla esimerkiksi fyysinen IO-piste. Tällä määritelmällä on mahdollista määrittää tarkka sijainti, mihin tietoa joko lähetetään tai vastaanotetaan väylän avulla.

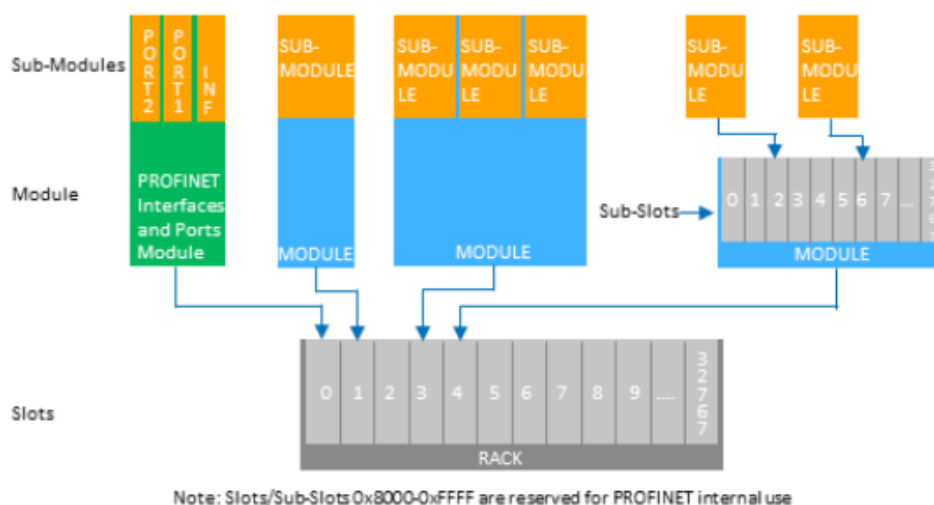


Kuva 12 IO-laitteen rakennekuvaus (Siemens AG, 2021).

IO-laitteille on standardoitu seuraavat rakenteet, jolloin nämä rakenteet löytyvät jokaisesta profinet-IO-laitteesta .

- rakenne, joka koostuu korttipaikoista, alikorttipaikoista, moduuleista, alimoduuleista ja kanavista.
- moduuli, joka koostuu alimoduuleista tai alikorttipaikoista mihin alimoduuleja voidaan asettaa.
- kanavat ovat aina alimoduulien sisällä.
- epäjaksolliset tiedonsiirrot suoritetaan aina osoittamalla alimoduulia, kuten mm. parametrien lukeminen tai kirjoittaminen taajuusmuuttajassa.

Korttipaikka 0, telineessä "Rack" on varattu aina kommunikointimoduulille, jossa on rajapinta verkkoon, oli sitten kyseessä virtuaalinen tai fyysinen moduuli.

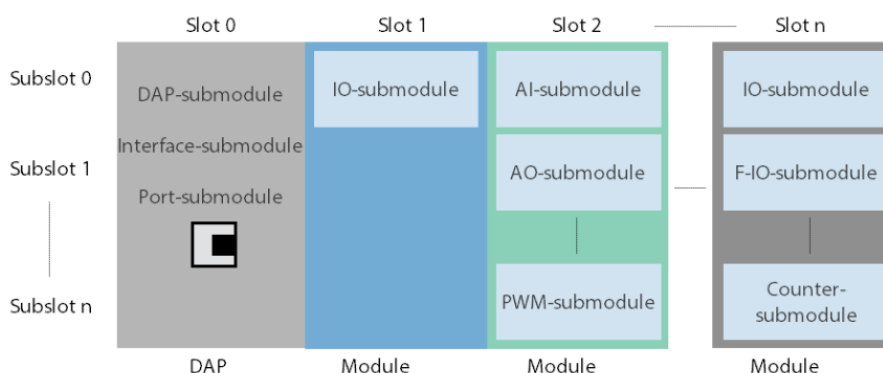


Kuva 13 Profinet-rakennekuvaus IO-laitteelle (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2018). Kenttälaitteessa alimoduulit pitävät sisällään datan, jota hyödynnetään eri käyttötarkoituksissa kuten mm. IO-datan lukeminen- tai kirjoittaminen kanaviin. Moduulit ja alikorttipaikat ovat vain tehty jäsentelemään alimoduuleja.

Jatkuvassa tiedonsiirrossa, eli syklisessä tiedonsiirrossa riittää, että käsittelyohjelma osoittaa käsittelyssä olevan laitteen korttipaikan- ja alimoduulin tunnisteeseen. Tällöin on mahdollista päästä haluttuun dataan käsiiksi.

Epäsäännöllisessä tiedonsiirrossa, eli asyklisessä tiedonsiirrossa käsittelyohjelman tulee tarkentaa moduulin tunniste, alimoduulin tunniste ja indeksiluku alimoduulin sisällä.

Indeksiluvulla määritellään alimoduulin sisällä mistä kohdasta dataa käsitellään, indeksiluvut ovat standardoituja, jolloin samalla indeksiluvulla pystyy käsittelemään useita laitteita tyyppistä tai valmistajasta riippumatta.



Kuva 14 IO-datan osoittaminen Profinetissä käyttäen korttipaikkoja ja alikorttipaikkoja (Profibus-käyttäjörganisaatio (PNO), 2018).

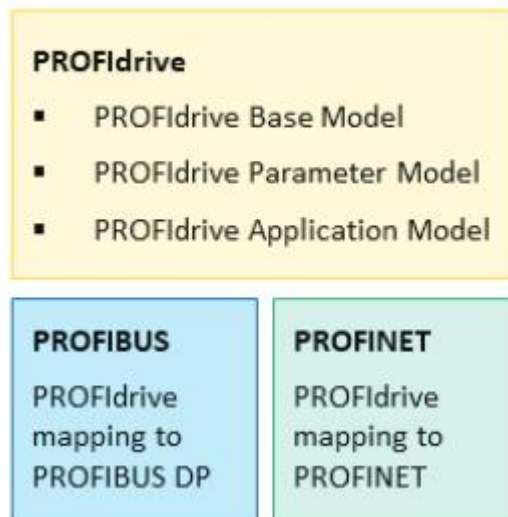
2.6 Profidrive-profiili

Profidrive on nimensä mukaisesti standardoitu profiili sähkökäyttöille, jota käytetään profibus- ja profinet kommunikaatiojärjestelmän kanssa. Profiilin käyttöönottoa on edellyttänyt se, että saadaan yhteisesti hyväksytyt määritellyt menetelmät kommunikoida sähkökäyttölaitteiden ja master-laitteiden välillä vaikka valmistajat eroaisivat laitekohtaisesti.

Profidrive-profiili on määritelty Useiden laitevalmistajien toimesta, jotka ovat yhdessä muodostaneet PI-organisaation (Profibus & Profinet International). Sama organisaatio vastaa profiilin päivittämisestä ja parantamisesta.

Käytännössä tämä profiili tarjoaa saman rajapinnan laitteiden välille valmistajasta riippumatta, tällöin tällä on huomattava hyöty käyttöönotossa ja suunnittelussa. Profiilin sisällä on kuusi erilaista soveltamisluokkaa, jotka on luotu erilaisia käyttötapoja silmällä pitäen.

Profidrive-profiili on standardoitu IEC-standardissa 61800–7.



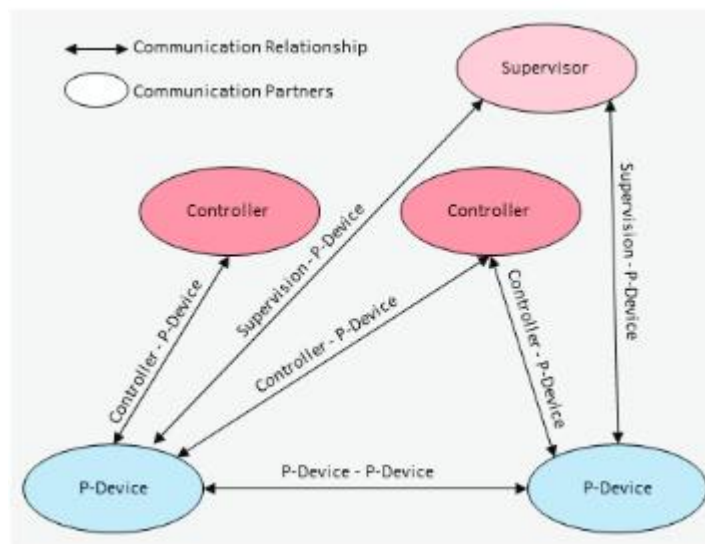
Kuva 15 Profidrive-profilin arkkitehtuuri (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).

Profiliin on määritetty yhteisiä funktiota, jotka ovat kommunikointikanavasta riippumattomia, tämä on tehty siksi että käyttöä voidaan operoida profibusilla ja profinetillä ilman funktioiden muokkaamista.

Profidrive profilissa on määritelty seuraavat laiteluokat:

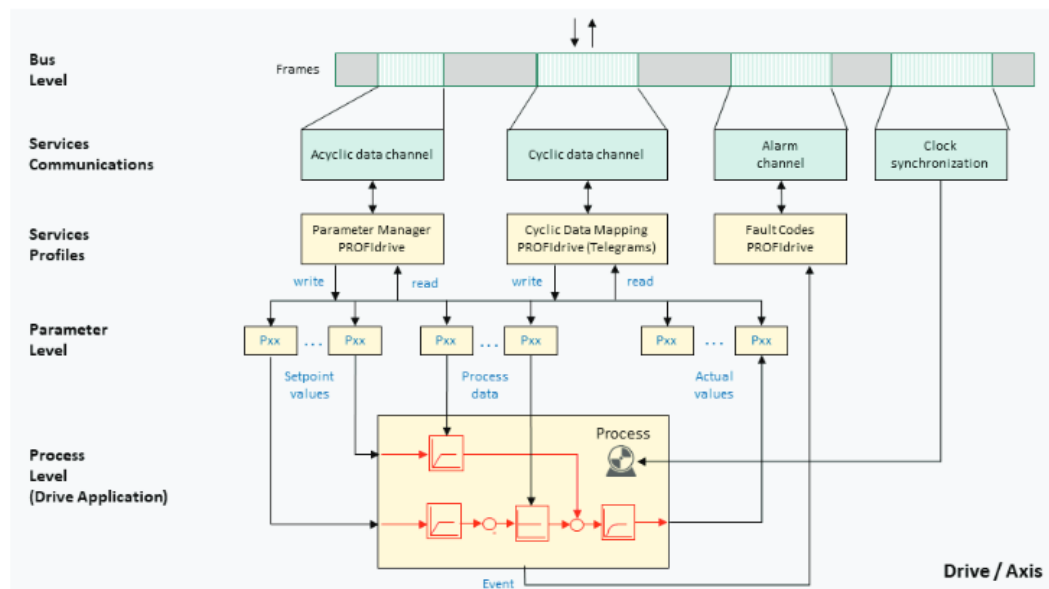
- Master-laite: PLC
- P-laite: käyttö yhdellä- tai useammalla akselilla
- Valvoja: valvonta-asema tai HMI-paneeli

P-laite sisältää usein yhden tai useamman toiminnallisen kohteen, riippuen käytettävien akselien määrästä. Jokaista kohdetta kuvataan nimellä käyttökohde (DO).



Kuva 16 Laiteluokat ja niiden väliset yhteydet (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).

Kuten muissakin profinet laitteissa, kommunikointi tapahtuu kolmella kanavalla. jatkuva tiedonsiirto-kanava, hälytyskanava, parametrikanaava ja synkronointikanava mikäli käytetään IRT-protokollaa.



Kuva 17 kommunikointimalli Käyttökohteen ja väylän välillä (Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO), 2021).

Profidrive-profiili tarjoaa myös yhtenevän tilakoneen, joka on kaikille käyttökohteille sama, lisäksi jokaisessa profidrive-yhteensopivassa laitteessa on omat profidrive-parametrit luvuilla 900–999.

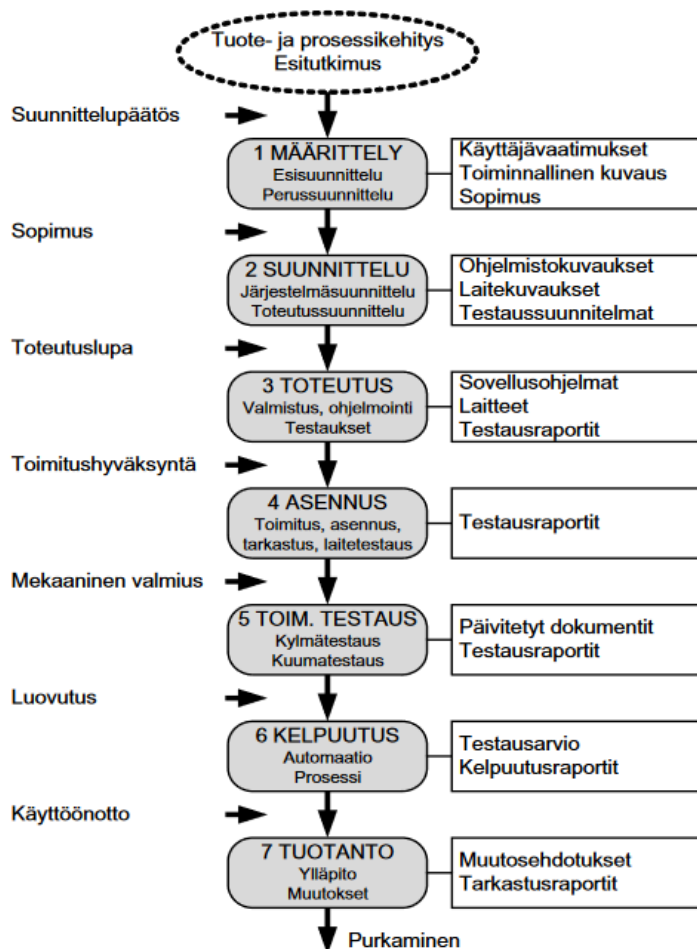
Profidrive-profiili pitää sisällään 6 erilaista sovelluskohdetta, nämä ovat:

- AC 1, Standard drive
- AC 2, Standard drive with technological function (Ei käytössä enää)
- AC 3, Positioning drive
- AC 4 & 5, Central motion control
- AC 6, Decentralized automation with clocked processes and electronic shaft

2.7 Automaatiolaitteiston suunnitleminen ja käyttöönotto

Suunnittelu on prosessi, jonka voi jakaa pienempiin suunnittelutehtäviin projektin elinkaarimallissa (Suomen Automaatioseura ry, 2007). Suunnittelutehtävät voidaan myös jäsennellä pienempiin teki- jöihinsä tehtävän suorittamisen selkeyttämiseksi.

Projekti aloitetaan kartoittamalla asiakkaan ja käyttäjän tarpeet määrittelyvaiheessa, jonka perusteella luodaan järjestelmän toiminnallinen kuvaus. Mikäli tämä kuvaus on hyväksytty asiakkaan toimesta, tehdään sopimus ja siirrytään projektin suunnitteluvaiheeseen.



Kuva 18 Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Suomen Automaatioseura ry, 2007).

Suunnitteluvaiheessa luodaan laitekuvaukset ja testaussuunnitelmat. Suunnittelun valmistuttua siirrytään projektin toteutusvaiheeseen, jossa tehdään itse ohjelma kuvausten perusteella, valitaan laitteet ja luodaan testausraportit asennusta varten.

Asennusvaiheessa tehdään fyysiset kytkennät ja testataan laitteiston toimivuus, kun asennus on suoritettu, suoritetaan toiminnalliset testaukset kylmätesteinä toimittajan tiloissa ja kuumatesteinä muun toiminnallisuuden varmistuttua kylmätesteissä. Näiden askelten jälkeen laitteisto luovutetaan ja asiakas kelpuuttaa kokonaisuuden sille asetettujen vaatimusten perusteella, jonka jälkeen laitteisto siirtyy tuotantokäyttöön.

3 TOTEUTUS

3.1 Toteutuksen aikataulusta ja toteutustavoista

Toteutus aikataulutettiin siten, että suoritteet suoritettaisiin portaittain. Tällöin jokaiselle osa-alueelle kohdistettiin sama määrä miestyötunteja, jotka toteutettiin kolmen viikon jaksoissa projektin toteutusvaiheessa.

Tarvittava dokumentaatio viimeisteltäisiin viimeistelyvaiheessa projektin viimeisillä viikoilla, ennen laitteiston käyttöönottoa.

3.2 Aikataulu

Aikataulu rakennettiin siten, että opintopistemäärät muutettiin laskennallisesti tunneiksi opetushallituksen ohjeistuksen mukaisesti. Näin yksi opintopiste vastaa noin 27 tunnin työpanostusta, Opinnäytetyö koostuu 15-opintopisteestä. tällöin laskennallinen kokonainen työmäärä oli:

$$27 \frac{h}{op} \cdot 15 op = 405 h \quad (1)$$

Tämä työmäärä oli laskennallinen peruste, jolla suunnitelmaa lähdettiin laatimaan. Taulukosta 1 nähdään opinnäytetyöhön liittyvät vaiheet ja niihin varatut miestyötunnit.

Taulukko 1 Suunniteltu työtuntimäärä (Vättö, 2022).

ONT-Työtehtävät	S
Työsuunnitelman luonti	16
Ohjelmarakenteen suunnittelu	24
Tiedon hakeminen	100
Toimintakuvauksen luominen	24
Logiikan ohjelmointi	24
Käytön parametointi	24
Väylän konfigurointi	24
HMI-koonti	16
Seurantapalaveri/raportti	10
ONT-kirjoittaminen	72
I/O-listojen luominen	24
Testisuunnitelman luominen	24
Käyttöönotto	16
Esittelyseminaari	7
Tunteja yhteensä:	405

Opinnäytetyössä olisi siis yhteensä 14 eri vaihetta. Tiedonhauille oli varattu huomattava osuus työajasta, sillä kirjoittaneelle suuri osa terminologiasta ja järjestelmistä oli entuudestaan tuntemattomia.

Opinnäytetyön viikkoaikataulu jaettiin kolmeen, yhtä suuren osaan, jotka ovat nähtävissä taulukossa 2.

Taulukko 2 Opinnäytetyön viikkoaikataulu (Vättö, 2022).

ONT-Työtehtävät	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Suunnitteluvaihe n. 135 h						→	Toteutusvaihe n. 135 h						→	Viimeistelyvaihe n. 135 h				
Työsuunnitelman luonti																			
Ohjelmarakenteen suunnittelu																			
Tiedon hakeminen																			
Toimintakuvausten luominen																			
Logiikan ohjelmointi																			
Käytön parametroida																			
Väylän konfigurointi																			
HMI-koonti																			
Seurantapalaveri/raportti			1			2			3			4			5			6	
I/O-listojen luominen																			
Testisuunnitelman luominen																			
Käyttöönotto																			
Esittelyseminaari																			

Kuten kohdassa 3.1 on mainittu, viikkoaikataulu rakennettiin noudattamaan porrastettua työskentelytapaa, jolloin jokaista laitteen osa-aluetta valmisteltiin muutaman viikon ajan kerrallaan, ennen seuraavaan siirtymistä.

Laitteiden eri osa-alueiden vaikean erottelamisen vuoksi, mm. väylän konfigurointi oli tarpeellista suorittaa ohjelmoinnin yhteydessä.

Suunnitteluvaihe pitäisi sisällään alustavan työsuunnitelman luomisen sekä ohjelmarakenteen suunnittelen kaavio- ja tekstimuodossa. Suurin osa tiedonhausta tehtäisiin tässä vaiheessa.

Toteutusvaiheeseen sisältyy itse ohjelmointityö ohjelmointiympäristössä ja laitteiston vianhaku sekä graafisen käyttöliittymän rakentaminen ihmisen ja paneelin välille. Testisuunnitelman tekeminen aloitettaisiin heti logiikkaohjelman rakennuttua.

Viimeistelyvaiheessa suoritettaisiin suurin osa dokumentaatioon liittyvistä tehtävistä ja ennen kaikkea käyttöönotto.

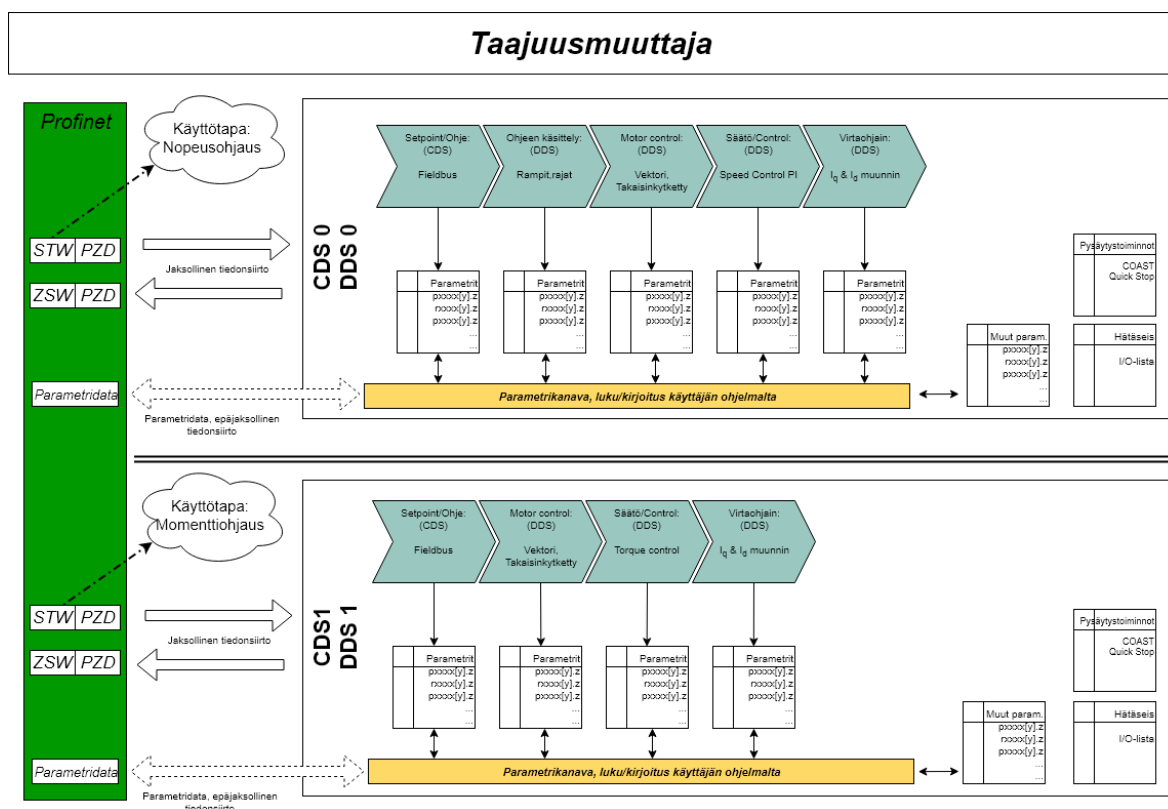
Seurantapalavereita on pidettävä kahden viikon välein, jotta asianomaiset ovat aktiivisesti mukana kehityksessä ja saavat ajantasaista tietoa projektin edistymisestä. Haasteita tuotti myös Savonian siirtyminen Peppi-järjestelmän käyttöön, joka aikaistaa takarajaa kahdella viikolla alkuperäisen suunnitelman takarajaan verrattuna.

3.3 Ohjelmarakenteen suunnittelu

Projekti aloitettiin tekemällä työsuunnitelma, jonka hyväksymisen jälkeen ohjelmarakenteen suunnittelu aloitettiin. Tämä rakennesuunnittelu kattoi siis taajuusmuuttajan käyttötavat, Logiikan ohjelman pääpiirteisen rakenteen sekä kommunikoitavan datan määrittelyn laitteiden välillä.

Päädyttiin graafiseen esitystapaan, sillä se tuntui selkeimmältä ja vastaavanlaisia kaavioita esitetään myös laitevalmistajien dokumenteissa.

Ensimmäisenä aloitettiin taajuusmuuttajan käyttötapojen määrittäminen luomalla yleiskaavio, josta kävisi ilmi taajuusmuuttajan ohjauslogiikka ja siihen liittyvät osat.

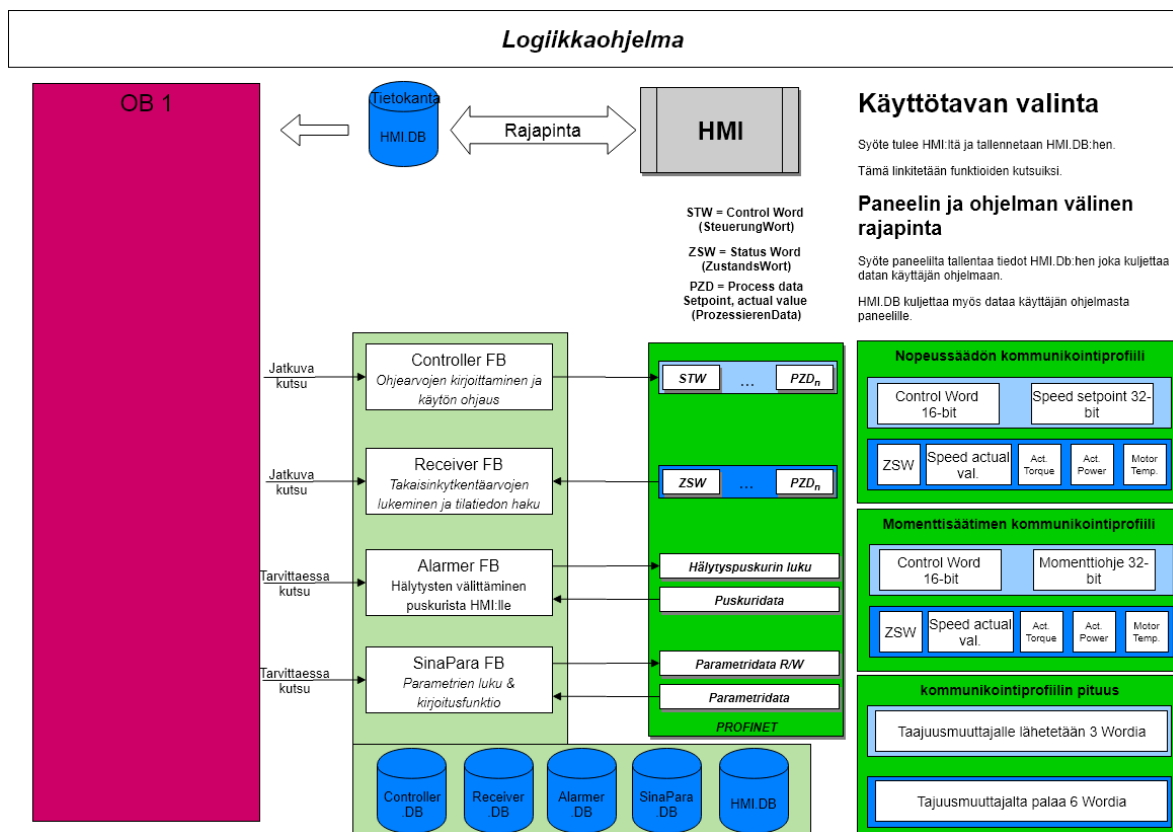


Kuva 19 Taajuusmuuttajan yleiskaavio (Vättö, 2022).

Yleiskaavion valmistumisen jälkeen pystyttiin tarkentamaan toimintoja ja määrittämään tarkat rakeneosat kummallekin halutulle käyttötavalle, nopeussäädölle ja momenttisäädölle.

Taajuusmuuttajan oli tarkoitus pystyä vaihtamaan käyttötapaa käyttäjän antaman syötteen perusteella HMI-paneelilta. Tämä syöte ensin käsitellään logiikan ohjelmassa ja lähetetään Profinetin avulla sarjaliikennettietona taajuusmuuttajan vastaanottomuoduliin. Tämän lisäksi taajuusmuuttajan tuli pystyä kommunikoimaan logiikan kanssa, siirtäen jatkuvaa prosessidataa ja käyttäjän tarpeiden perusteella parametridataa.

Logiikkaohjelman yleiskaaviossa noudatettiin samoja periaatteita kuin taajuusmuuttajan kaavioita luodessa. Logiikkaohjelma oli tarkoitus suorittaa yhdessä organisaatioblokissa, osa aliohjelmista määriteltäisiin jokaisella ohjelmakierrolla kutsuttaviksi ohjelmiksi ja toiset käyttäjän syötteen perusteella aktivoituviksi ohjelmiksi.



Kuva 20 Logiikkaohjelman yleiskaavio (Vättö, 2022).

Tietokanta HMI.DB oli rajapinta kaikkien aliohjelmien välillä, sekä käyttäjän ja pääohjelman välillä. Tällöin kaikki oleelliset muuttujat löytyvät yhdestä tietokannasta ja niiden hallitseminen on helpompaa. Jokainen aliohjelma sisältää oman paikallisen tietokantansa, mutta näitä tietokantoja ei voi käyttää kuin nimetty ohjelma.

Taajuusmuuttajalle ohjeita antava aliohjelma "Controller FB", hallitsee tarvittavan tiedon keräämisen julkisesta HMI.DB tietokannasta, josta se pystyy HMI:ltä saaman syötteen avulla antamaan taajuusmuuttajalle käskyjä ja antaa ohjearvoja jokaisella ohjelmakierrolla. Lisäksi ohjelman pystyy myös pakkaamaan ja lähettämään tarvittavat tiedot taajuusmuuttajalle Profinet-väylän avulla.

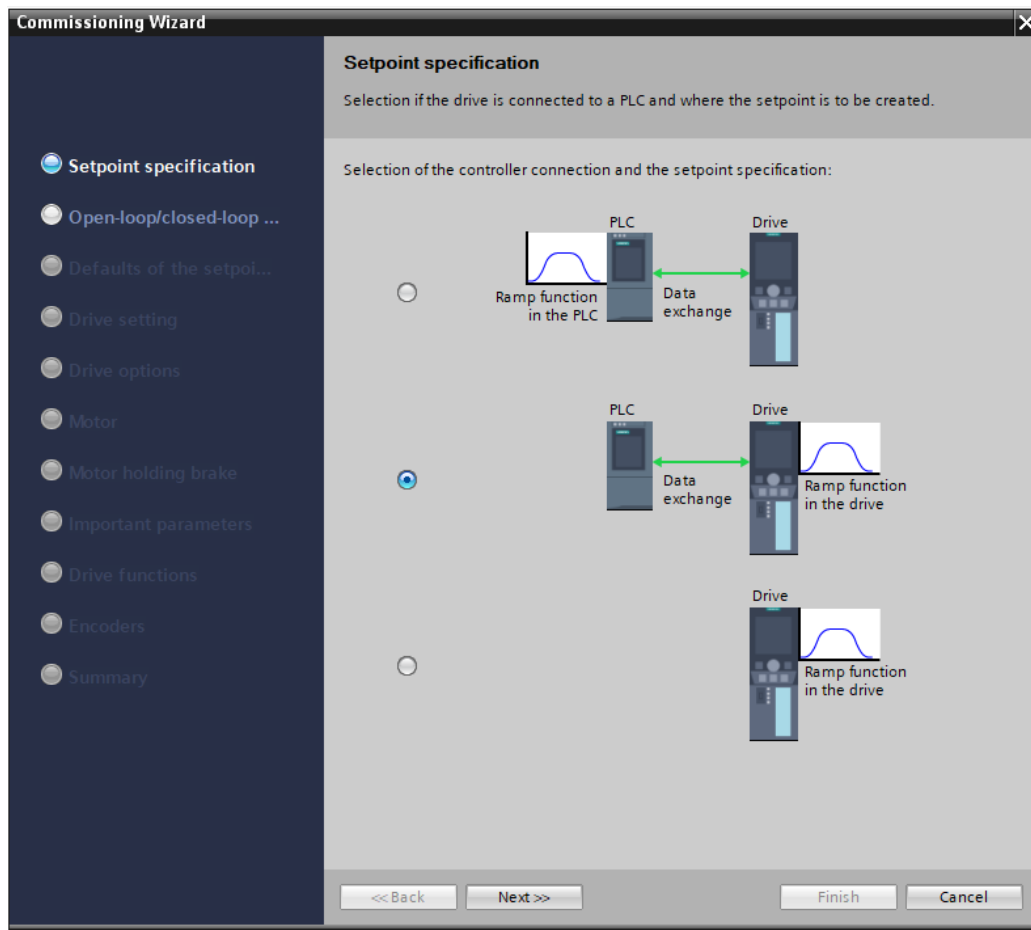
Taajuusmuuttajalta vastaanottava aliohjelma "Receiver FB", vastaanottaa raakadataa väylästä, mitä taajuusmuuttaja syöttää. Tämä ohjelma käsittelee ja muuntaa datan käyttökelpoiseksi esitysmuotoon HMI:lle.

Taajuusmuuttajalta hälytyksiä ja häiriöitä lukeva "Alarmer FB" lukee taajuusmuuttajan aktiivisen viikapuskurin silloin kun käyttäjä sen haluaa ja siirtää sen HMI:lle.

Siemensin Drivelib-kirjastoon kuuluva "SinaPara FB" pystyy käsittelemään useita parametreja kerrallaan käyttäen asyklistä tiedonsiirtokeinaa. Ohjelma aktivoituu käyttäjän kutsun perusteella HMI:ltä.

3.4 Taajuusmuuttajan parametointi

Taajuusmuuttajan parametointi suoritettiin käyttämällä TIA-Portalin lisäosaa, Sinamics StartDrivea. Alustavat parametrisäädöt tehtiin käyttämällä "Comissioning Wizardia", pikatyökalua, jolla voidaan asettaa nopeasti tärkeimmät ajoparametrit ja moottorin data.



Kuva 21 "Comissioning Wizard" - konfigurointityökalun ikkuna ohjelmointiympäristössä.

Taajuusmuuttaja pystyi lukemaan moottorin tiedot, sekä takaisinkytkentäanturin tiedot Drive-CliQ rajapinnan avulla "Comission Wizardissa" laitekonfiguraatiota luodessa. Drive-CliQ on Siemensin valmistama laiterajapinta sähkökäyttöissä.

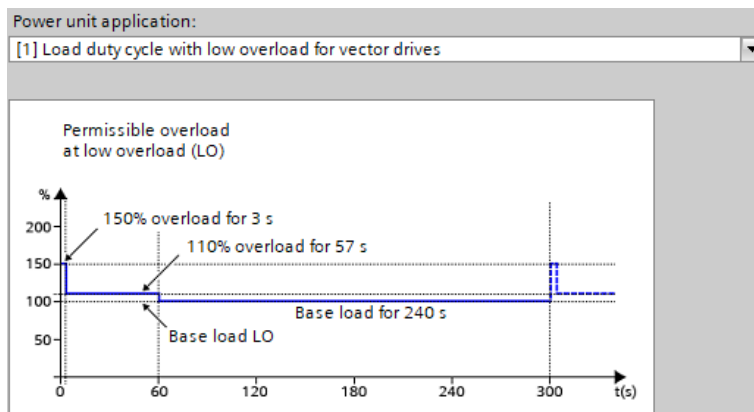
Motor	
Motor type selection:	[1] Induction motor
Rated motor speed:	1750.0 rpm
Rated motor current:	7.40 Arms
Rated motor power:	3.30 kW
Rated motor voltage:	398 Vrms
Rated motor frequency:	51.90 Hz

Encoder 1	
Encoder type selection:	[2051] 2048, 1 Vpp, A/B, EnDat, Multiturn 4096
Encoder resolution:	2048
Encoder data set No.:	0
Encoder interface:	[3] DRIVE-CliQ interface

Kuva 22 Moottorin ja takaisinkytkennän tiedot.

Laiterajapinta ei osaa automaattisesti säätää moottorin sisäistä lämpötila-anturia, jolloin tämä tuli tehdä manuaalisesti käyttöönoton yhteydessä, jotta lämpötilatakaisinkytkentä olisi luettavissa logiikkaohjelmasta.

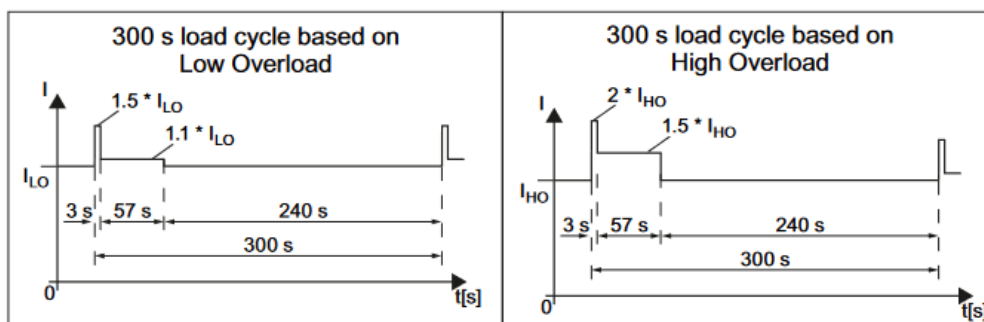
Taajuusmuuttajan ylikuormitusmalliksi valittiin matala ylikuormitus, sillä tehoyksikkö on moottoria suuremmalle teholle mitoitettu, eikä käyttötarkoituksessa tule suuria ylikuormitustilanteita.



Kuva 23 Ylikuormitettavuuden tyyppi.

Kaikki Siemensin ilmoittamat kilpiarvot taajuusmuuttajilleen on matalalla ylikuormitusarvolla, korkealla ylikuormitusarvolla jatkuvan käyttötavan tehonsyöttö on huomattavasti alhaisempi.

Tällöin $I_{LO} \gg I_{HO}$.



Kuva 24 Ylikuormitustapojen erot (Siemens AG, 2020).

Käyttötapojen valitsimet, sekä käyttötavalle ominaiset parametrit muutettiin parametrinäkymästä, apuna käyttäen taajuusmuuttajan manuaalia.

Säätökäyttö_1 ▶ KAYTTO_1 [G120 CU250S-2 PN Vector] ▶ Parameter

Display extended parameters

Parameter list	Nopeussäätö	Momenttisäätö	Number	Parameter text	Value	Unit
All parameters			<All>	<All>	<All>	<All>
Commissioning			r2	Drive operating display	[31] Ready for switching on - set "ON/OFF1" = "0/1" (p...	
Commissioning interface			p10	Drive commissioning parameter filter	[0] Ready	
Backup & restore			p15	Macro drive unit	[7] Fieldbus with data set changeover	
System information			r18	Control Unit firmware version	4711508	
Basic settings			r20	Speed setpoint smoothed	0.0	rpm
▶ Inputs/outputs			r21	Actual speed smoothed	0.0	rpm
▶ Setpoint channel			r22	Actual speed rpm smoothed	0.0	rpm
▶ Operating mode			r24	Output frequency smoothed	0.0	Hz
▶ Drive functions			r25	Output voltage smoothed	0.0	Vrms
Safety integrated			r26	DC link voltage smoothed	560.3	V
▶ Application functions			r27	Absolute actual current smoothed	0.00	Arms
▶ Communication			r31	Actual torque smoothed	0.00	Nm
▶ Diagnostics			r32	Active power actual value smoothed	0.00	kW
			r34	Motor utilization thermal	-200	%
			r35	Motor temperature	24.9	°C
			r36	Power unit overload I2t	0.0	%
			r39[0]	Energy display, Energy balance (sum)	1.09	kWh
			p40	Reset energy consumption display	0	
			r41	Energy consumption saved	91.83	kWh
			r42[0]	Process energy display, Energy balance (sum)	0	Wh
			p43	BI: Enable energy usage display	0	
			p45	Display values smoothing time constant	100.00	ms
			r46	Missing enable signal	40000001H	
			r47	Motor data identification and speed controller optimization	[0] No measurement	
			r49[0]	Motor data set/encoder data set effective, Motor Data Set MD	0	
			r50	Command Data Set CDS effective	0H	
			r51	Drive Data Set DDS effective	0H	

Kuva 25 Parametrinäkö ohjelmointiympäristössä.


Tärkeää oli taulukoida parametrit käyttötavan omiin csv-tiedostoihin, jotta ne voitaisiin ottaa käyttöön myös kahdessa muussa lisäkäyttölaitteessa tulevaisuudessa. lisäksi Exceliin luotiin tiedosto, josta silmämääräisesti arvot voidaan tarkistaa tarvittaessa.

Ensisijaisesti parametrien muokkaus tehtiin StartDrivella, vaikka mahdollisuus muokkaukselle olisi ollut myös Excelissä.

Parametrien asettelun jälkeen, suoritettiin moottorin ID-ajo, jossa moottorin ominaisuudet mitataan sähköisesti. Pyörimällä suoritettu mittausta tuottaa tarkemmat tulokset, kuin paikallaan suoritettu. Tämän lisäksi moottoria pyörittämällä taajuusmuuttaja asettaa ID-ajon aikana nopeussäätimen parametrit ulkoisen kuorman mukaan, sekä määrittää moottorin sisäisen inertian määrän.

Motor optimization

Master control: Drive enables: Switch on:

Measuring type:  Additional configuration for the measurement. If necessary, set before measurement.

☐ Switch to the operating mode

Drive status: ☐ Fault Active fault:

Actual values: Status: Speed: rpm M. current: Arms

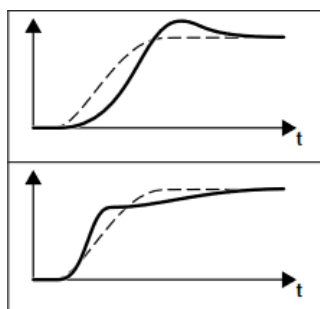
The following parameters are determined or changed with the motor data identification:

Parameter	Parameter text	Value	Unit
r331[0]	Actual motor magnetizing current/short-circuit current	3.800	Arms
p341[0]	Motor moment of inertia	0.006400	kgm ²
p342[0]	Ratio between the total and motor moment of inertia	1.000	
p360[0]	Motor magnetizing inductance	132.93675	mH
p362[0]	Motor saturation characteristic flux 1	60.0	%
p363[0]	Motor saturation characteristic flux 2	85.0	%
p364[0]	Motor saturation characteristic flux 3	115.0	%
p365[0]	Motor saturation characteristic flux 4	125.0	%
p366[0]	Motor saturation characteristic I_mag 1	50.0	%

Kuva 26 Moottorin ID-ajo ruutu.

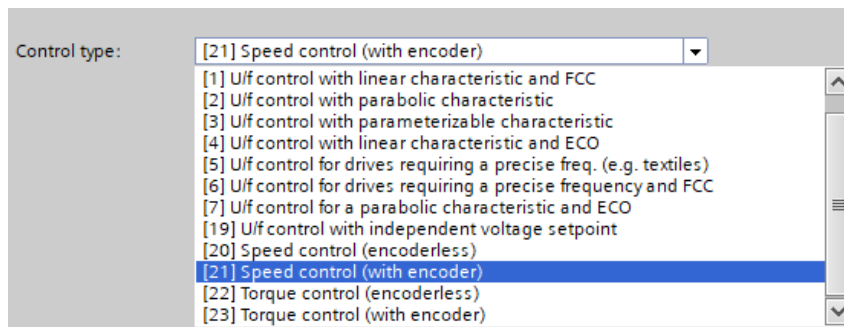
Koska laitteistoa ei ollut kytketty kuormaan, sekä käytön kuormitustyyppi vaihtuu usein, niin nopeussäädin tulisi säätää joko automaattisella optimoinnilla tai manuaalisesti asettamalla PI-säätimen parametrit kuorma kiinnitettynä.

Säätämätön nopeussäädin aiheuttaa tilanteita, joissa moottorin nopeus värähtelee ohjearvon ympärillä tai vaihtoehtoisesti saavuttaa tavoitearvon hitaalla vasteajalla.



Kuva 27 Säätämätön nopeussäädin erilaisilla kuormilla (Siemens AG, 2020).

Taajuusmuuttajan käyttötapaa valitaan Parametrilla P1300.

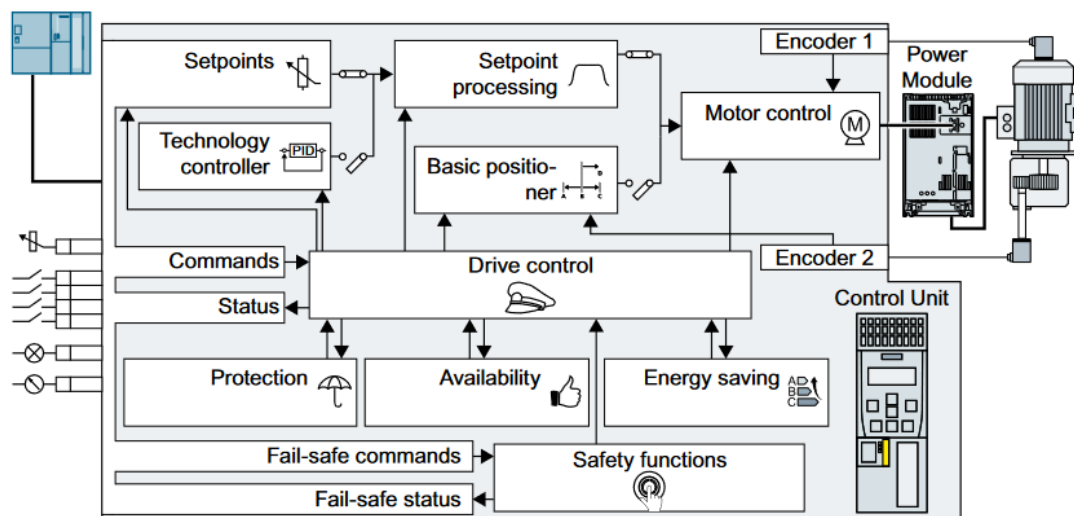


Kuva 28 Säädetävän valinta P1300.

Parametri P1300, asettaa parametrisarjan käyttötavan vaatimalla tavalla, Tähän kuuluu:

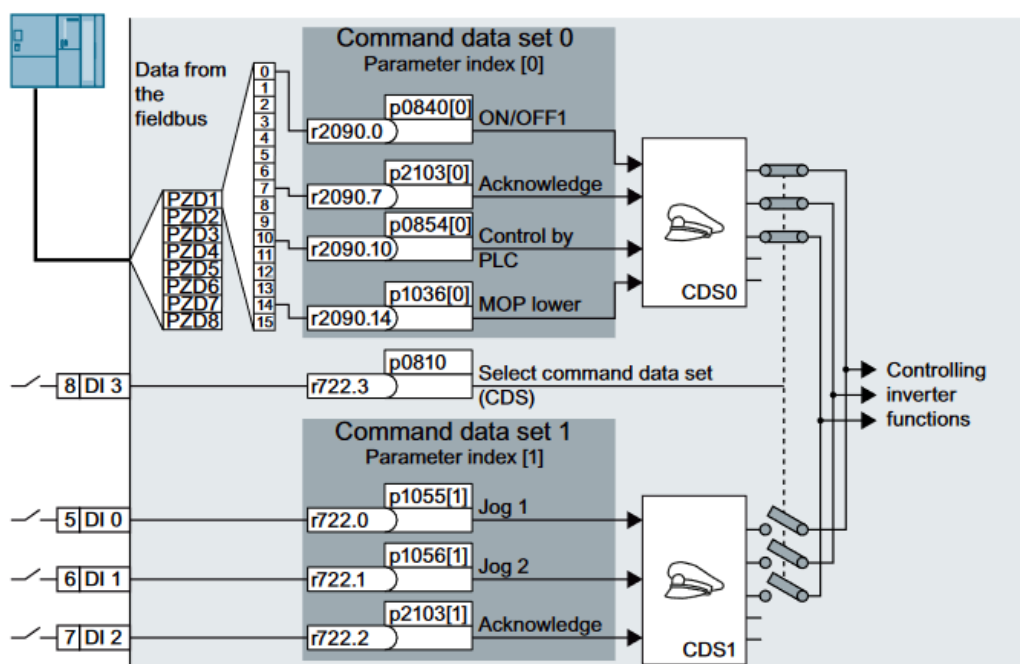
- Moottorin ohjaustavan valinta Firmwaressa
- Takaisinkytkennät
- Ohjearvon vastaanotto

Tällä asetetulla makrolla luodaan pohja, josta muokkaamalla komentodatasettejä ja käyttödatasettejä oli mahdollista saada halutut ominaisuudet valituksi käytölle. tyyppi 21 on käytössä nopeussäädölle, ja -23 momenttisäädölle.



Kuva 29 Yleiskuva taajuusmuuttajan toiminnoista (Siemens AG, 2020).

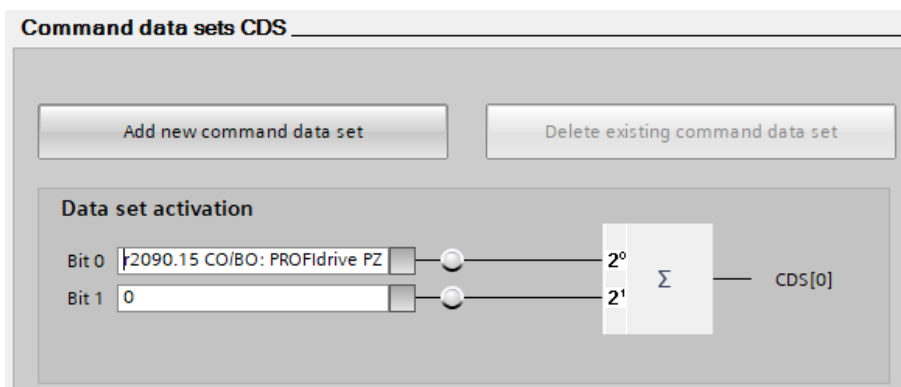
Taajuusmuuttaja parametroidiin siten, että komentodatasetti 0 on varattu nopeuskäytölle ja komentodatasetti 1 valittiin momenttikäytölle. Esimerkki näiden käyttämisestä on kuvassa 30.



Kuva 30 Komentodatasetit esimerkki käytöstä (Siemens AG, 2020).

Komentodatasetit ovat vain ohjelmoijan luomia parametrilistoja liittyen vastaanotettavan ohjearvon vastaanottosijaintiin. Nämä listat siis määrittävät mitä ohjetta luetaan ja mistä.

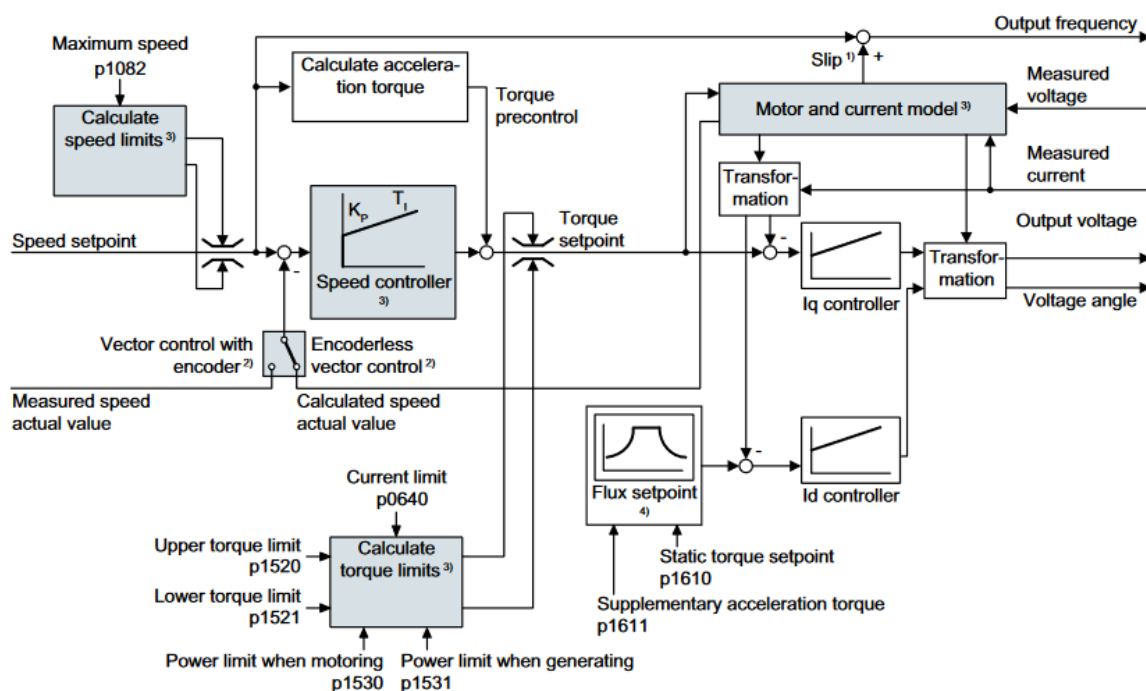
näiden listojen välillä vaihtaminen tapahtuu vaihtobitin avulla, joka on otettu väylästä tulevalla ohjaussanalla.



Kuva 31 Komentodatasetin vaihtobitti.

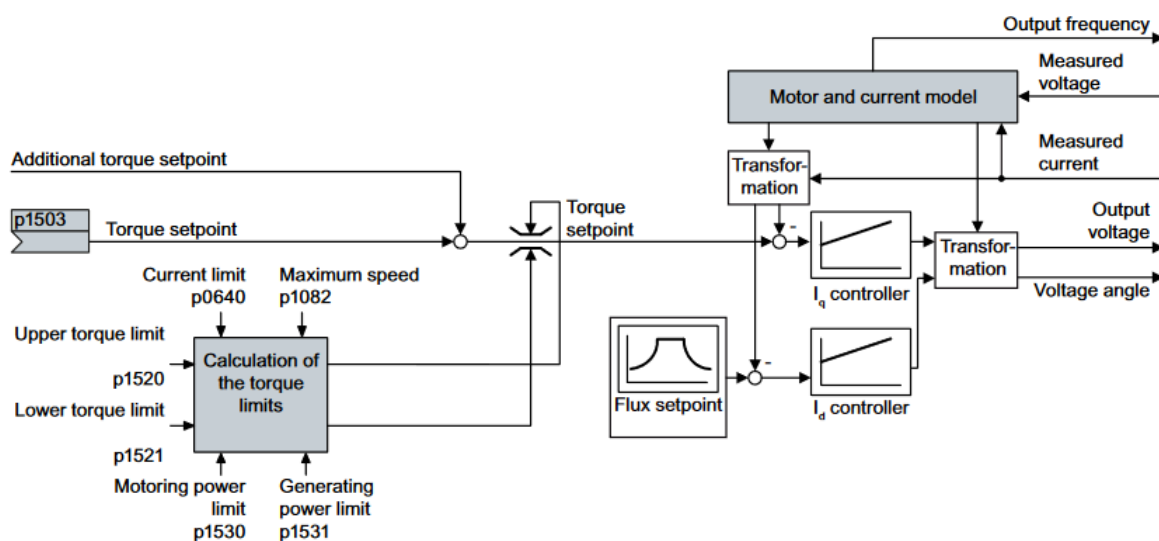
Komentodatasetti vaihtuu numeroon 1, kun logiikalta tulevan ohjaussanan 15. bitti on aktiivinen. Silloin kun bitti ei ole aktiivinen, on datasetti 0 käytössä.

Moottorin ohjaustapana on kummassakin käytettävassa vektorisäätö, joskin momenttisäädössä tyypistettynä.



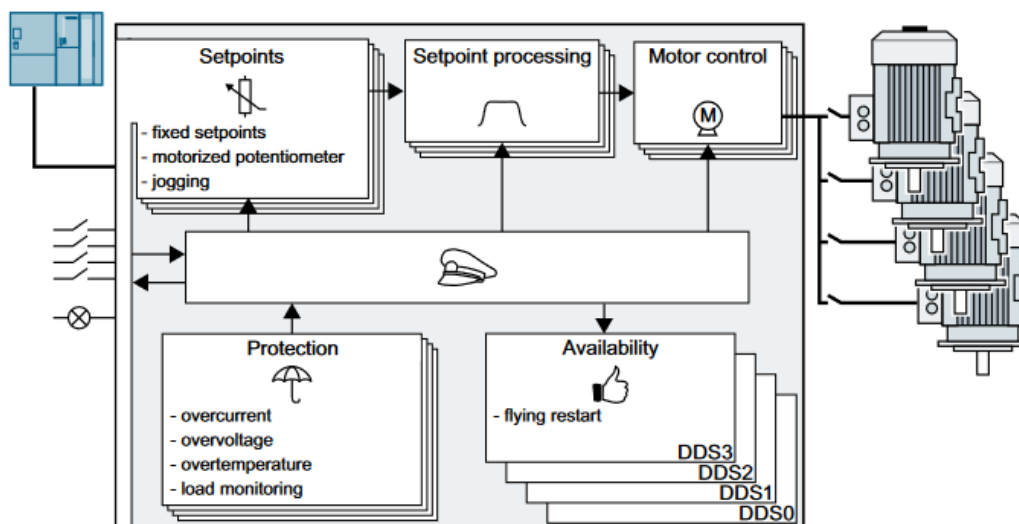
Kuva 32 Nopeussäädön ohjaustapakaavio (Siemens AG, 2020).

Momenttisäädössä momenttiohje syötetään suoraan virtasäätimelle ohittaen nopeussäädin ketjusta. Moottori- ja virtamalli lasketaan ID-ajon aikana.



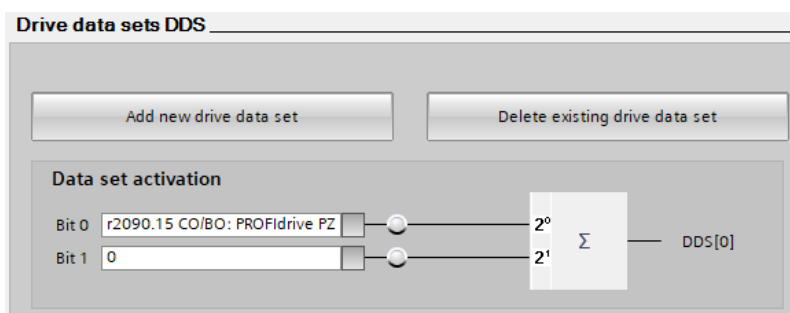
Kuva 33 Momenttisäädön ohjaustapakaavio (Siemens AG, 2020).

Jotta käyttötapoja voidaan vaihtaa, niin komentodatasettien lisäksi on myös käyttödatasettejä, eli englanniksi "Drive Data Sets". Nämä ovat komentodatasettien tavoin parametrilistoja, jotka ovat ohjelmoijan muokattavissa. Ohjearvon lukemisosoitteen muuttamisen sijaan, näillä parametrilistoilla muokataan ohjearvon käsittelyä, sekä pystytään vaihtamaan moottorin ohjaustapaa.



Kuva 34 Käytön datasetit (Siemens AG, 2020).

Nopeussäädön käyttötavalle on varattu numero 0 ja numero 1 momenttisäädölle. Vaihto käyttötapojen välillä tapahtuu ohjaussanan 15. bitin aktivoitumisella. Kun bitti on aktiivinen, on momenttisäätö valittu, bitin laskiessa vaihtuu nopeussäätö käyttöön.



Kuva 35 Käyttödatasetin valintabitti.

Käyttötavan vaihto vie noin 50 ms, jolloin käyttötavasta toiseen vaihtaminen on erittäin nopeaa.

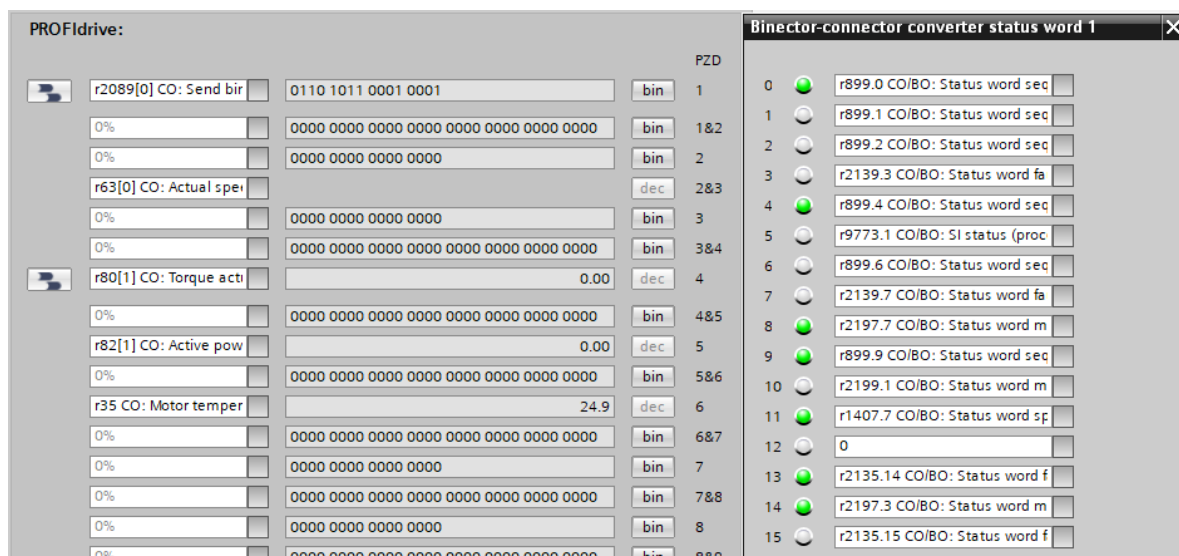
Viimeisenä taajuusmuuttajalle määriteltiin kommunikointiprofiili. Kommunikointiprofiili on määritetty kuvassa 2 näkyvässä ohjelmakaaviossa. Kommunikointi määritettiin telegrammityyppillä 999, eli vaipaasti määriteltävällä kommunikointiprofiililla käyttäen BICO-yhteyksiä.

Vaikka vastaanotettava ja lähetettävä data on määritetty taajuusmuuttajassa, tulee vastaanotettavan- ja lähetettävän datan pituus määrittää myös master-PLC:lle. Ilman tätä määrittelyä, PLC sivuuttaa määrittelemättömän datan, vaikka taajuusmuuttajan sen lähettäisi väylään.

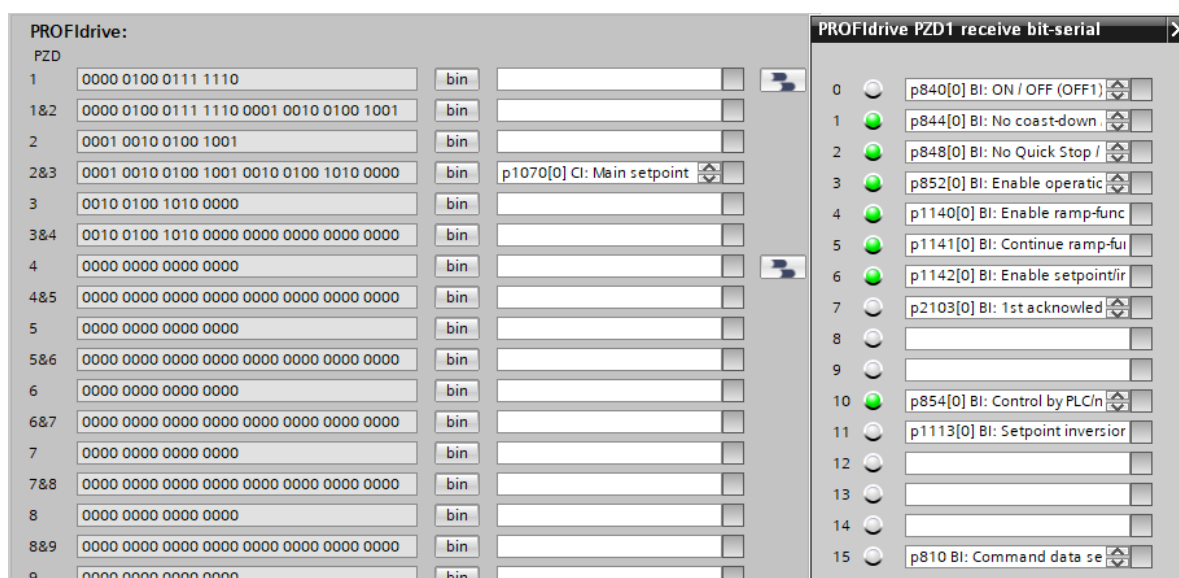
Telegram configuration									
Name	Item	Link	Telegram	Length	Extension	...	Type	Partner	Partner data area
▼ KAYTTO_1	1								
Send (Actual value)		→	Free telegram	6 words	—		→ CD	PLC_1	E 256...267
Receive (Setpoint)		←	Free telegram	3 words	—		← CD	PLC_1	A 256...261

Kuva 36 Profilin telegrammien pituuden määrittäminen Master-PLC:lle

Kuvissa 37 ja 38 on nähtävissä lähetettävä- ja vastaanotettava kommunikointiprofiili. Kommunikointiprofiili on sama kummallekin käyttötavalle.



Kuva 37 Taajuusmuuttajan lähettämä data Master-PLC:lle.



Kuva 38 Taajuusmuuttajan väylästä vastaanottama data Master-PLC:ltä.

3.5 Logiikan ohjelmoiminen

PLC:inä oli Siemensin valmistama S7-1200 sarjan logiikkayksikkö, Ensimmäisen laitekokonaisuuden yksikkönä toimi 1214 DC/DC/DC, kaksi myöhemmin rakennettua laitetta sisälsivät 1215 DC/DC/DC -yksiköt.

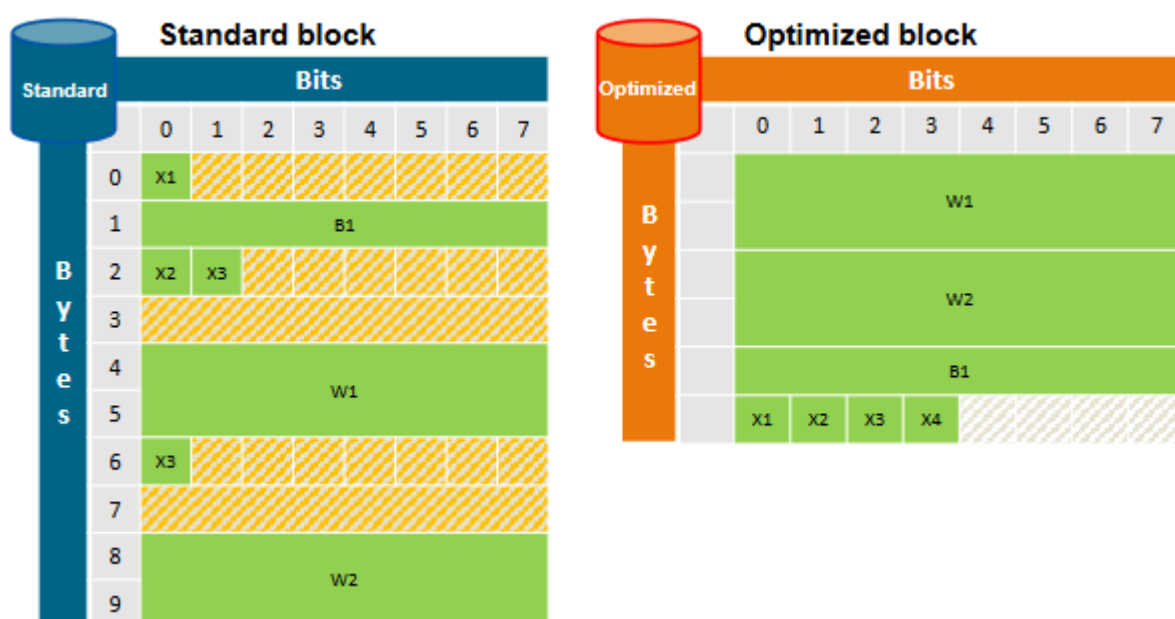
Programming language	S7-1200	S7-1500
Ladder diagram (LAD)	yes	yes
Function block diagram (FBD)	yes	yes
Structured Control Language (SCL)	yes	yes
Graph	no	yes
Statement list (STL)	no	yes

Kuva 39 S7-1200/1500 yhteensopivat ohjelmointikielet (Siemens AG, 2013).

S7-1200 sarjan yksiköt tukivat kolmea ohjelmointikieltä, LAD, FBD sekä SCL-kieltä. Tuetut kielet nähdään kuvasta 39. Tässä työssä käytettiin FBD sekä SCL-kieltä. FBD-kielen etuna on sen selkeys määrittämistä vaativissa tehtävissä, sekä sen yksinkertainen luettavuus.

SCL-kielen etuna on laskennalliset tehtävät ja tiedonkäsittely, Lyhyellä tekstipohjaisella koodilla voidaan saada aikaiseksi sama, minkä luomiseen FBD-kielillä voi mennä monta Networkia hyvän ohjelmointitavan mukaista koodia.

Tässä projektissa kaikki käytetyt muistit on koottu käyttäen optimoitua muistinhallintaa, jolloin yhden tavun vuoksi ei tarvitse varata 8 tavua muistitilaa. Tehostettu muistinhallinta on perusasetuksena päällä S7-1200 ja 1500 - sarjan logiikoita ohjelmoitaessa TIA-portalissa ja on suositeltu käytäväksi myös valmistajan toimesta.



Kuva 40 Optimoitu muistinhallinta vs. optimoimaton (Siemens AG, 2013).

Optimoituun tietokantaa päästään käsittelemään vain symbolisella muistin osoittamismenetelmällä jossa, muuttujaan osoitetaan nimensä avulla tosiin kuin absoluuttisen muistipaikkansa avulla. Tilanteita, joissa absoluuttisia osoitteita tarvitsee käyttää, tulee valita optimoimaton muistinhallintaa tietokannoissa. Optimoitujen ja optimoitujen tietokantojen ero tulee endiaanisuudesta. S7-1200 sarjan ja vanhemmat logiikat käsittelevät tietoa big-endian käsittelyperiaatteella ja S7-1500 logiikkayksiköt käsittelevät tietoa little endian käsittelyperiaatteella.

Endiaanisuus tulee usein esiin laitteiden välisessä väyläkommunikaation tavutaulukoiden tavujärjestyksessä. Mikäli kahden kommunikoivan laitteen endiaanisuus eroaa toisistaan, eivät laitteet ymmärrä toisiaan käännetyn tavujärjestyksen vuoksi. Siirrettävä data näyttää vastaanottavalta laitteelta ymmärtämättömältä tavuvirralla. Koska G120 taajuusmuuttaja sekä S7-1200 logiikka keskustelevat väylässä käyttäen samaa endiaanisuutta, big endiaania. Tällöin ei lähetettävien tavutaulukoiden järjestystä tarvitse muuttaa ennen lähetystä tai vastaanottoa logiikassa.

3.6 Datat siirtäminen logiikan ja taajuusmuuttajan välillä.

Ohjelmarakenteessa suunnitellut lohkot "Receiver"- ja "Controller" FB nimiensä mukaisesti lähettävät ja vastaanottavat datataulukoita, jotka on koottu määrittelyistä PI:n (Process imagen) alueista logiikan osoitteistossa taajuusmuuttajan parametroidinnissa, kuvissa 37 ja 38.

Taajuusmuuttajan kommunikaatioprofiili väylässä oli jätetty ohjelmoijan vapaasti määriteltäväksi, joten kommunikaatioprofiili koostuu seuraavien taulukoiden 3 ja 4 mukaisista arvoista.

Taulukko 3 Controller kommunikaatioprofiili. (Kuva 37)

Taajuusmuuttajalle lähetettävä tieto	tiedon koko	järjestys väylässä (Lukujärjestys)
STW	2 tavua	PZD 1 (Aina ensimmäinen)
Setpoint (Ohjearvo) Momentti tai nopeus	4 tavua	PZD 2 + 3
Yhteensä	6 tavua	PZD:t 1 + 2 + 3

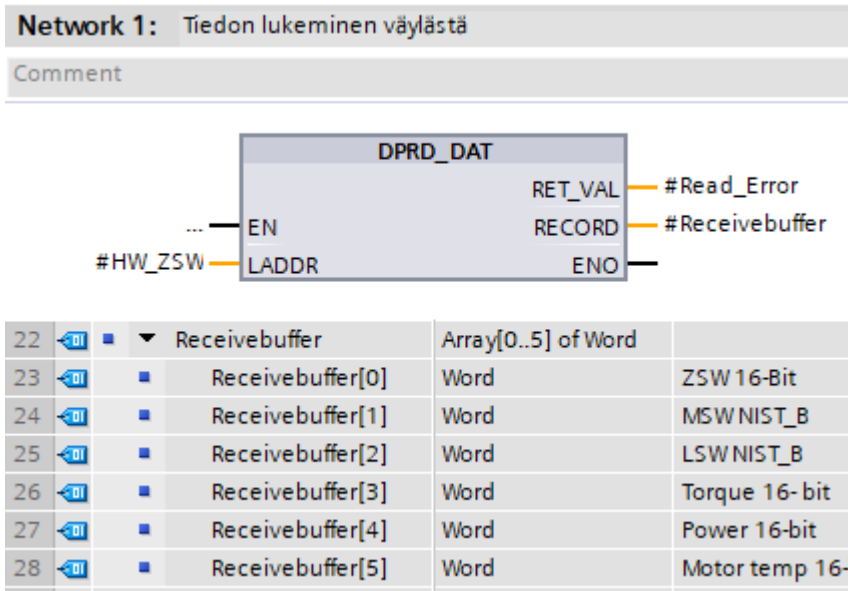
Taulukko 4 Receiver kommunikaatioprofiili. (Kuva 38)

Taajuusmuuttajalta vastaanotettava tieto	tiedon koko	Järjestys väylässä (Lukujärjestys)
ZSW	2 tavua	PZD 1 (Aina ensimmäinen)
Nopeuden oloarvo	4 tavua	PZD 2 + 3
Momentin oloarvo	2 tavua	PZD 4
hetkellinen teho	2 tavua	PZD 5
moottorin lämpötila	2 tavua	PZD 6
yhteensä	12 tavua	PZD 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6

STW ja ZSW on määritelty yleisessä sähkökäyttöjen profidrive-profilissa, jolloin kommunikointi on laitevalmistajasta ja taajuusmuuttajan tarkasta tyypistä riippumaton. Tätä rajapinnan rakennetta voidaan tarkastella mm. tässä projektissa käytetyn taajuusmuuttajan CU250 ohjausyksikön manuaalista.

Vastaanotettava ja kirjoitettava data luetaan ja kirjoitetaan logiikan PI:stä I256 – 267 ja Q256 – 261. Osoitteiden määrittelemine tulee tehdä kommunikointia luodessa logiikan ja taajuusmuuttajan välille, mutta näiden osoitteiden käyttö ei ole välttämätöntä. Tässä projektissa osoitteiden lukemiseen ja kirjoittamiseen on käytetty omia järjestelmäfunktioita DPWR_DAT ja DPRD_DAT.

DPRD_DAT lukee datan suoraan logiikan periferiaosoitteistosta ohittaen Process imagen, mitään varsinaista etua tai lisäarvoa tämä valinta ei tässä projektissa tuota ja sama lopputulos saadaan lukemalla ja kirjoittamalla arvot Process imagen osoitteisiin. Projektiin tämä tyyli valikoitui Siemensin itsensä käyttämänä mm. SinaSpeed – lohossa, joka on yhteensopiva myös mm. S7-300 & -400 lo-
giikkaperheiden kanssa.



Kuva 41 DPRD_DAT kuva lohkoista FBD-muodossa ja luettava puskurin Receiver lohkon sisältä.

Receiver lohossa suoritetaan datan purku puskurista ja skaalaukset väylämuodosta %-muotoon, joka on huomattavasti helpompi ihmiselle käsiteltäväksi Kuvassa 42. Kuvasta 42 huomataan myös Networkissa kolme ja neljä nähdään myös että 100 % arvo profinetissä taajuusmuuttajakommuni-
koinnissa riippuu välitettävän datan koosta.

Tuplasanalle 100 % on 4000_0000 heksalukuna, joka vastaa lukua 1073742000 kymmenjärjestel-
mässä. Sanalle taas 100 % on 4000 heksalukuna, joka vastaa lukua 16384 kymmenjärjestelmässä.

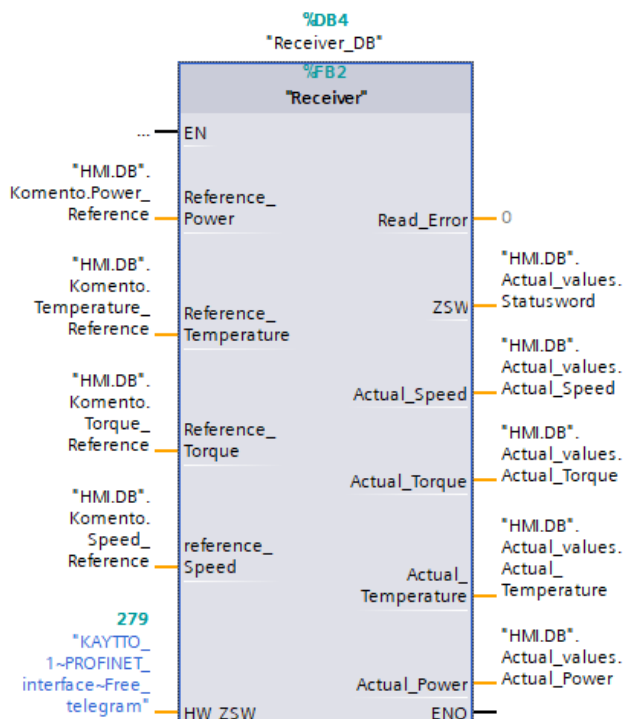


Kuva 42 Receiver lohko SCL-kielellä datan käsittely esitettävään muotoon.

Merkillä "16#" halutaan ilmaista luvun olevan heksaluku, Jos halutaan korostaa jonkin luvun olevan kymmenjärjestelmässä, voidaan ohjelmassa käyttää merkkiä "10#" ennen varsinaista lukua. Arvoja voidaan osoittaa myös binäärinä SCL-koodissa. Esimerkiksi B2#0011 on kymmenjärjestelmässä luku

3. B ennen merkkiä "2#" osoittaa vain, että kirjoitetaan vain tavun mittaiselle arvolle, mikäli muut-
tuja on pidempi, esimerkiksi sanan pituinen.

Muodostunut ohjelma muistuttaa suunnitelmaa erittäin voimakkaasti, Receiver-lohko kutsutaan Main
OB1:ssä. Lohkolla on tuloja ja lähtöjä HMI:lle ja muille funktioille jatkokäsittelyä varten.

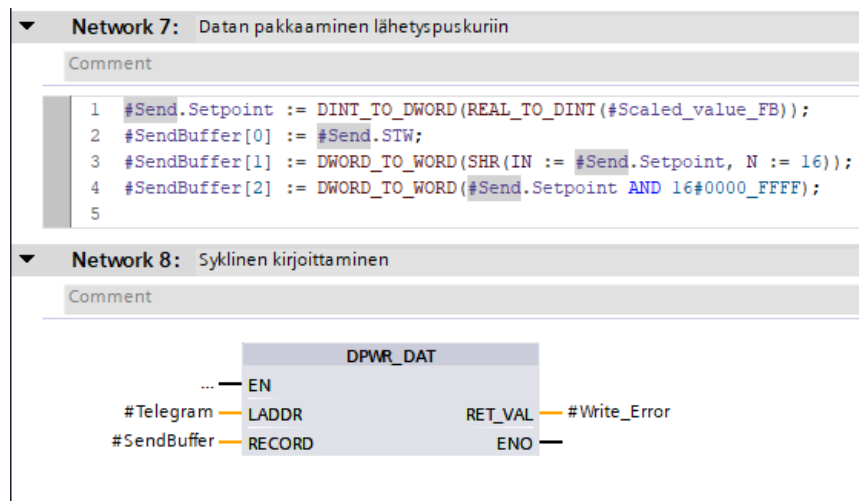


Kuva 43 Receiver FB Main OB:ssa

DPRD_DAT tarvitsee toimiakseen Hardware ID – numeron, jonka avulla DPRD_DAT pystyy luke-
maan IO-Datan oikealta laitteelta suoraan logiikan periferiaosioiteistosta. Lisätietoa toiminnasta löy-
tyy TIA-portalin helpistä kohdasta: DPRD_DAT: Read consistent data of a DP standard slave. Lisäksi
tietoa systeemifunktioista löytyy Siemensin "industry support" - foorumilta.

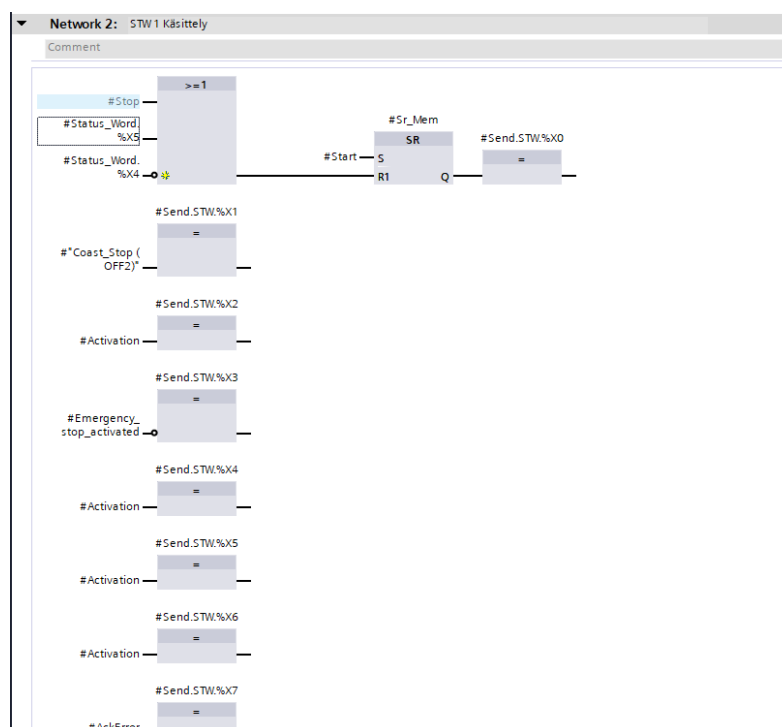
DPWR_DAT Toimintaperiaate on samanlainen kuin edellä selitetty DPRD_DAT, Ero funktioissa on se,
että DPWR_DAT kirjoittaa datataulukon suoraan logiikan periferiaosioiteistoon, josta väyläkommuni-
kaation avulla data lähetetään taajuusmuuttajalle. Käytettäessä S7-1200- tai S7-1500 sarjan logii-
koita datan kuljettaminen voidaan huoletta tehdä Process imagen IO:ssa, nämä funktiot ovat Pro-
fibusin ja S7-300 sekä S7-400 sarjan logiikoiden tapa siirtää dataa. Näitä funktioita kutsutaan myös
nimellä SFC 14 & -15. SFC tarkoittaen **S**ystem **F**unctionia.

Controller FB kutsutaan Main OB:ssa syklisesti heti Receiver FB – lohkon jälkeen. Controllerissa hoidetaan komentojen lukeminen HMI:ltä, STW käsittely ja datan muotoileminen lähetyspuskuriin. Dat-
tan kirjoittaminen taajuusmuuttajalle hoidetaan DPWR_DAT lohkoa käyttäen. DPWR_DAT lohko tarvitsee kommunikointikumppanin Hardware ID - numeron, joka on identtinen Receiver FB – lohkoissa käytetyn kanssa. Tämän numeroinnin perusteella datataulukko löytää vastaanotto-osoitteensa.



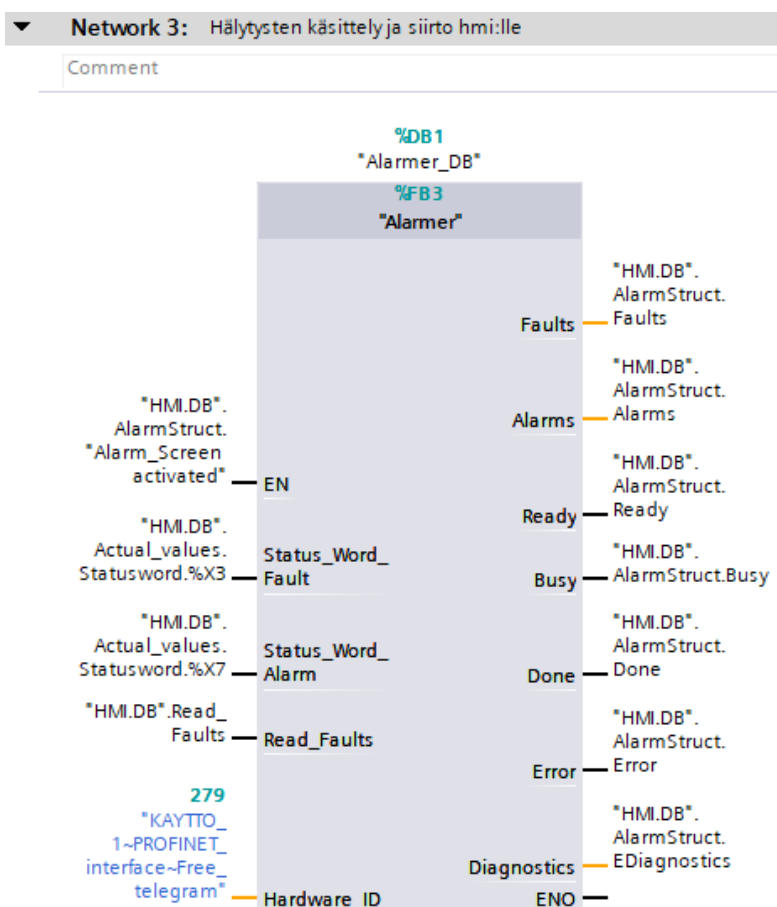
Kuva 44 Controller funktio DPWR_DAT lohko ja datan pakkaus puskuriin.

Ohjelma ei ota kantaa lähetetäänkö ohjearvoksi momentti vai nopeusarvo, sillä käytöllä voidaan vaihtaa käyttötapa momenttiohjauksen ja nopeusohjauksen välillä. STW:ssä määritellään bitti, jonka muuttuessa taajuusmuuttaja vaihtaa käyttötapa, tämä bitti aktivoidaan tai deaktivoidaan HMI paneeliilta tulevalta muuttujalta ja asetellaan STW:hen. Yhteistä nopeuden ja momentin asetusarvolla on se, että kumpikin asetusarvo on tuplasanan mittainen, jolloin yhteistä asetusarvofunktiota voidaan käyttää kummankin ohjaustavan ohjearvon asetteluun.



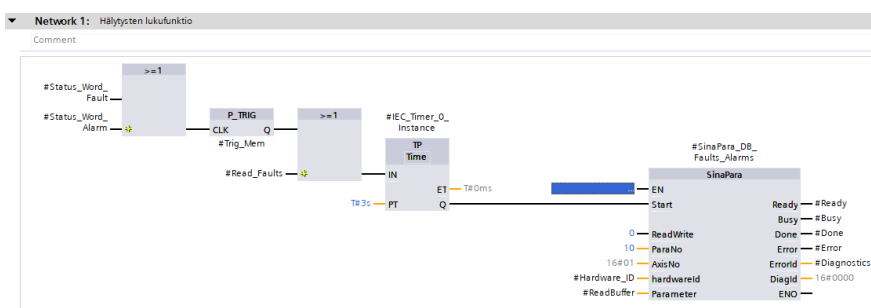
Kuva 45 STW käsittelyä Controller lohkoissa.

Hälytysten luku taajuusmuuttajan hälytyspuskurista tehdään käyttämällä SinaPara-funktiota, joka on Siemensin toimittama G- ja S-sarjan taajuusmuuttajille soveltuva parametrien luku ja kirjoitusfunktio S7-sarjan logiikoissa käytettäväksi. Tämä funktio on sisällytetty ohjelmoituun funktioon, joka pyytää hälytysten lukemisen kutsun ja käsittelee datan siirtäen sen esitettäväksi käyttäjälle HMI:lle.



Kuva 46 Hälytystenlukufunktio Main OB:ssa.

Sinapara aktivoidaan, kun taajuusmuuttajan status-sana lähettää bitin "hälytys päällä". Sinaparalle on annettu 10 parametria luettavaksi, joista puolet on hälytyksiä ja puolet häiriöitä taajuusmuuttajan puskurista. Tämän on katsottu riittävän tälle käyttötarkoitukselle.



Kuva 47 Sinapara-funktio, joka hoitaa hälytysten lukemisen hälytystenlukufunktiossa.

Mikäli asyklistä hälytysten kirjoittamista ei haluta käyttää, on hälytyspuskurin ja häiriöpuskurin lukeminen mahdollista syklisesti käyttämällä profidrive telegrammia 352.

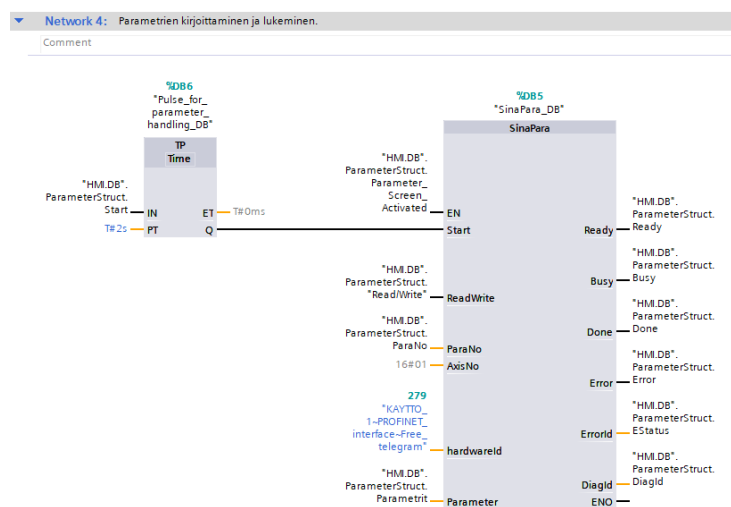
Telegram 352

PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
STW1	NSOLL A	Freely assignable			
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	WARN_ CODE	FAULT_ CODE

16-bit speed setpoint for PCS7

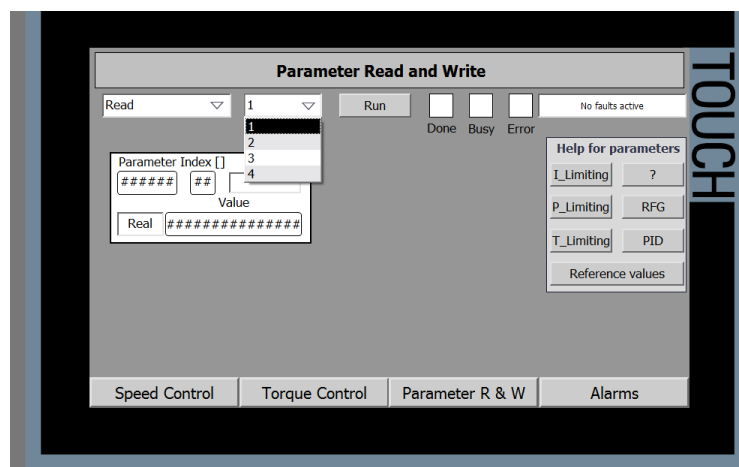
Kuva 48 Profidrive telegram 352 rakennekaavio (Siemens AG, 2020).

Taajuusmuuttajan parametrien kirjoittaminen ja lukeminen suoritetaan käyttämällä Sinapara-funktiota sen monipuolisuuden vuoksi. Tämä funktio aktivoidaan silloin kun ollaan parametrien muutossivulla HMI:ssä.



Kuva 49 Parametrien lukeminen ja kirjoittaminen Sinaparalla.

Hmi:ltä valitaan ensin, kirjoitetaanko vai luetaanko parametri, kuinka monta parametria halutaan lukea/kirjoittaa ja parametrien numerot, jonka jälkeen käynnistetään funktio, joka suorittaa halutut toimenpiteet. Paneelin kokorajoitteen vuoksi vain 4 parametria voidaan kirjoittaa lukea yhdellä kertaa. Parametri-ikkunoita aukeaa ruudulle sen mukaan, kuinka monta parametria valitaan käsiteltäväksi.

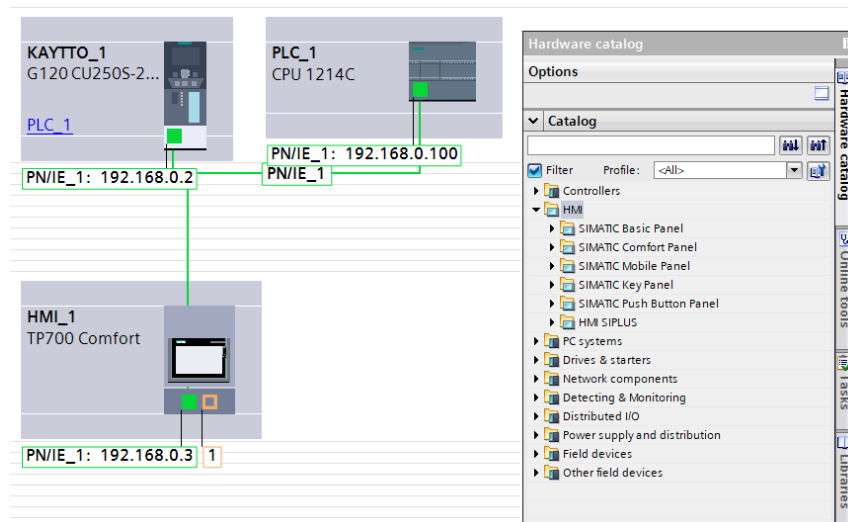


Kuva 50 Parametrien valintaruutu HMI:llä.

3.7 Käyttäjärajapinta

Tia-Portalissa on integroituna lisäosana Simatic WinCC – käyttäjärajapinnan ohjelmointityökalu, joka on aktivoitavissa tarpeenmukaisella lisenssillä WinCC – Basic lisenssi Basic-paneeleille ja advanced- sekä Professional Comfort/Unified-paneeleille ja PC-pohjaisille informaatiojärjestelmille.

Paneelin lisäys projektiin tapahtuu valitsemalla katalogista haluttu laite, jonka jälkeen rajapinta S7-1200 ja -1500 logiikan välille voidaan luoda network- tai topology näkymästä.



Kuva 51 Laitekatalogi, josta laitteet lisätään network-näkymään.

Uudempien paneelien rajapintojen luominen on melko yksinkertaista S7-1200/1500 sarjan logiikoille. Vanhemmissa paneeleissa ja logiikoissa, joiden kommunikaatiossa ei ollut mahdollista käyttää symbolisia osoitteita tuli määrittää logiikalle ja paneelille siirtoalueet, joista muuttujat luettiin tai kirjoitettiin.

Comfort- ja Basic paneelit sisältävät paljon ominaisuuksia, joita myös Windows-käyttöjärjestelmistä löytyy, mutta uudet Unified paneelit käyttävät käyttöjärjestelmänään Linuxia, jolloin kaikki mikä toimii Windowsissa ei välttämättä toimi Unified paneeleissa.

Siemensin paneeliohjelmoinnissa korostuu tekstipohjaisen ohjelmoinnin merkitys, suuri osa laitteen-funktioista voidaan toteuttaa skripteillä käyttäen JavaScript ohjelmointikieltä. Erityisesti tämä ilmenee silloin kun paneelilla mm. tallennetaan ja käsitellään dataa ulkopuolisiin järjestelmiin.

Informaatiolaitteiden toiminnan ymmärtäminen ja hyödyntäminen on nykypäivän automaatio suunnittelussa erityisen tärkeä taito yleisesti prosessien monimutkaisuusien vuoksi teollisuudessa, lisäksi paneelien ulkonäkö on ensimmäinen asia minkä asiakas havaitsee ja minkä perusteella asiakas arvioi laitteiden toimintaa, vaikka suunnittelussa ja toiminnallisuudesta se kattaisi vain murto-osan.

Process coupling		
• S7-1200	Yes	• Allen Bradley (DF1) Yes
• S7-1500	Yes	• Mitsubishi (MC TCP/IP) Yes
• S7-200	Yes	• Mitsubishi (FX) Yes
• S7-300/400	Yes	• OMRON (FINS TCP) No
• LOGO!	Yes	• OMRON (LINK/Multilink) Yes
• WinAC	Yes	• Modicon (Modbus TCP/IP) Yes
• SINUMERIK	Yes	• Modicon (Modbus) Yes
• SIMOTION	Yes	• OPC UA Client Yes
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Yes	• OPC UA Server Yes

Kuva 52 Kommunikointiprofiilit TP700 paneeli (Siemens AG, 2023)

Paneelin ulkonäön ja käyttöliittymän suunnittelussa otettiin huomioon jo olemassa olleen paneelin rakenne, jolloin uusi käyttöliittymä noudattelee vanhan rakennetta laajentaen jo olemassa olevia ominaisuuksia.

Määrittelyssä määriteltiin paneelilta säädettäväksi kaksi käyttötapaa, Nopeuskäyttö ja momenttikäyttö. Nämä toiminnot löytyivät jo vanhasta paneeliohjelmasta. Paneelin aloitusnäyttönä toimii nopeussäädön ohjausnäyttö, josta nähdään taajuusmuuttajan tilatieto, moottorin lämpötila ja hetkellinen teho, momentti ja nopeus.

Nopeuden ja momentin visualisointiin valittiin palkkikuvaaja, josta voi helposti havainnoida, mikäli käytön hetkellinen säädetty arvo huojuu asetusarvon ympärillä. Näytöltä asetellaan ohjearvo, käynnistetään ja pysäytetään käyttö joko rampilla tai vapaalla pysäytyksellä. Lisäksi häiriöiden kuittaus suoritetaan päänäytöltä. Nopeussäädön- ja momenttisäätökäytön näytöt ovat toiminnaltaan identtiset ja käyttötapojen välillä voidaan vaihto tehdä käytön pysäyttämisen jälkeen.

Alavalikosta navigoidaan näyttöjen välillä, josta pääsee myös parametrimuutosnäytölle ja hälytyskäsitteilynäytölle.



Kuva 53 Ruutukaappauksia valmistuneesta paneeliohjelmasta.

Parametrinäytöltä on mahdollista lukea ja kirjoittaa taajuusmuuttajan parametreja, sekä lisäksi on lisätty apusivut, jotka osoittavat parametrimumerot olennaisimmille parametreille. Hälytyskäsitteilyjen sivuilla on mahdollista nähdä enintään 5 hälytystä ja 5 häiriötä taajuusmuuttajalta, jotka tulevat lisättyinä paneelille, josta paneeli yhdistää tiedon tekstilistassa esitettävään merkkijonoon.

4 YHTEENVETO

Projekti tuotti ohjelmakokonaisuuden, joka tuottaa rajapinnan ihmisen ja säädettävän sähkömoottorikäytön välille. Projektissa luotiin logiikan ohjelma, paneelin visualisaatio ja taajuusmuuttajan parametointi, joka palvelee opetuskäyttöä projektitoissa sekä tarjoaa selkeän pohjan ja dokumentaation, jota on mahdollista jatkokehittää matalalla kynnyksellä.

Projektia tehdessä tuli tutustua erityisesti profinet-kommunikointiin ja kirjastojen käyttöön TIA-portal kehitysympäristössä sekä G-sarjan taajuusmuuttajan CU250 ohjausyksikön toimintoihin ja parametointiin.

Projektin tavoitteena oli saada kokonaisuus, jolla on mahdollista ajaa nopeussäädöllä, momenttisäädöllä, saada parametrien muuttamisen mahdollisuus HMI:lle ja lisätä trendinäkymät paneelille taajuusmuuttajan hetkellisarvoista sekä ohjelman ja käytön kattavat dokumentit.

Tavoitteet täytettiin kaikilta osin paitsi trendinäkymien osalta, joka jätettiin jatkokehityslistalle. Eniten kehitettävää jäi paneelin visualisointiin, jonka jatkokehitys on toteutettavissa oppilastyönä. Lisäksi parametrien asetusnäytön kehittäminen olisi jatkokehityskohde.

Projektin toteutukseen käytetty kokonaistyötuntimäärä on noin 215 tuntia, joka jäi laskennallisesta arvosta siis huomattavissa määrin. Tämä osoittaa, että parhainkaan aikataulutus ei aina poista inhimillisten syiden vaikutusta toteutuksen haasteisiin, mutta lopulta projekti saatettiin päätökseen onnistunein tuloksin.

Tämä työ vaati paljon ponnisteluja ja opiskelemista ONT-suoritusaikana Siemensin laitteiden kanssa työskentelemisestä. Projektin suorituksessa suurin osa ajasta kului opiskeluun ja manuaalien lukemiseen. Lisäksi tukea saatiin projektiin myös Siemensin koulutuksen yhteistyöhenkilöltä dokumenttien muodossa.

Käyttäjäkokemusten perusteella kahden lukukauden (2022 syksy ja kevät 2023) käyttökokemuksella laitteisto on toiminut odotusten mukaisesti ja tarjonnut toimivan ratkaisun opetuksen tarpeisiin. Lisäksi HMI:n visualisointia on jo jatkokehitetty vastaamaan paremmin opetuskäytön tarpeita.

Tämä projekti tarjosi hyvän ponnahduslaudan työskentelyyn Siemensin laitteiden kanssa, ONT-tekijä on työskennellyt kirjoituspäivänä jo lähes vuoden tehden ohjelmasuunnittelua yrityselämässä Siemensin laitteiden kanssa.

5 LÄHTEET

ABB. (Heinäkuu 2000). TTT-käsikirja.

ABB. (22. Tammikuu 2014). ACS 850 Firmware Manual. Noudettu osoitteesta

https://library.e.abb.com/public/cc976018da34d40dc1257c7600303aa3/EN_ACS850_FW_%20I_A5.pdf

ABB Industry Oy. (2001). Tekninen opas nro 4 - Nopeussäädettyjen käyttöjen opas. Helsinki. Noudettu osoitteesta

https://library.e.abb.com/public/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/Tekninen_opas_nro4.pdf

Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. Oxford, Iso-Britannia: Elsevier.

Hietalahti, L. (Syyskuu 2011). Muuntajat ja sähkökoneet. Vantaa, Suomi. Haettu 2022

Hietalahti, L. (Tammikuu 2012). Säädetyt sähkömoottorikäytöt. Vantaa, Suomi. Haettu 2022

Kane, M. (Joulukuu 2020). Tesla Model 3's IPM-SynRM electric motor explained. Richmond, Iso-Britannia. Noudettu

osoitteesta <https://uk.motor1.com/news/462107/video-tesla-model-3-electric-motor-explained/>

Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO). (Syyskuu 2018). PROFINET System Description. Saksa. Noudettu osoitteesta

<https://www.profibus.com/download/profinet-technology-and-application-system-description>

Profibus-käyttäjäorganisaatio (PNO). (Syyskuu 2021). PROFIdrive System Description. Saksa. Noudettu osoitteesta

<https://www.profibus.com/download/pi-white-paper-drives-and-motion-with-profinet>

Siemens AG. (Syyskuu 2013). Programming Guideline for S7-1200/1500. Saksa. Noudettu osoitteesta

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/81318674>

Siemens AG. (Lokakuu 2020). Sinamics G120 Converter With CU-250S-2 Control Unit. Saksa. doi:A5E31759476B AJ

Siemens AG. (Huhtikuu 2021). Simatic Net Industrial communication with PG/PC Volume 1 - Basics. Saksa.

doi:C79000-G8976-C172

Siemens AG. (2023). SIMATIC HMI TP700 Comfort product page. Noudettu osoitteesta

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AV2124-0GC01-0AX0>

Suomen Automaatioseura ry. (2007). Automaatiosuunnittelun prosessimalli . *SAS julkaisusarja nro 35*. Helsinki.

Vättö, A. (2022). *Opinnäytetyö Laboratorion sähkökäyttöjen parantaminen*. Kuopio.