

Turkka Valanti

Protokollamuuntimen valitseminen taajuus- muuttajakäyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

13.4.2018

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Turkka Valanti Protokollamuuntimen valitseminen taajuusmuuttajakäyttöön 46 sivua + 3 liitettä 13.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	tuotepäällikkö Vesa Kajander lehtori Markku Inkinen
<p>Kenttäväylät ovat muodostuneet avaintekijäksi nykysteollisuuden automatisoinnissa. Ne sitovat yhteen tuotantolaitoksien prosesseja ja yhdistävät kentälaitteet sekä automaatiojärjestelmät toisiinsa. Erilaiset käyttökohteet ja niiden asettamat vaatimukset ovat kuitenkin synnyttäneet runsaasti eri tarkoituksiin räätälöityjä keskenään yhteen sopimattomia kenttäväyläprotokollia.</p> <p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tehdä esiselvitys protokollamuuntimen valinnalle HES880-taajuusmuuttajan ja PROFIBUS DP:n yhteydessä käytettäväksi sekä laatia testisuunnitelma protokollamuuntimen testaamiseksi sen soveltuvuuden todentamiseksi edellä mainittuun tehtävään. Protokollamuuntimen käyttäminen mahdollistaa kahden erillisen kenttäväyläprotokollan keskinäisen kommunikoinnin, jolloin CANopen-protokollaa tukevaa HES880-moduulia voidaan käyttää PROFIBUS DP -ympäristössä. Työ tehtiin ABB Oy Drivesin tuotehallinnalle.</p> <p>Työ toteutettiin vertaamalla markkinoilla olevien valmistajien tarjoamia protokollamuuntimia ja selvitettiin HES880:n yhteydessä käytettävälle laitteelle välttämättömät ominaisuudet. Vertailluista protokollamuuntimista tehtiin yhteenveto. Työn tuloksena tilattiin ominaisuuksiensa puolesta tehtävään soveltuvia protokollamuuntimia sekä luotiin valmiudet niiden testaamiselle.</p>	
Avainsanat	Protokollamuunnin, taajuusmuuttaja, PROFIBUS DP, CANopen, kenttäväylä

Author(s) Title	Turkka Valanti Selecting a protocol converter for a frequency converter
Number of Pages Date	46 pages + 3 appendices 13 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Vesa Kajander, Product Manager Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>Fieldbuses have become a key element in automating the modern day industry. They are widely used to connect production facility processes and tie together field devices and automation systems. Different uses and applications have created a diverse spectrum of fieldbus protocols tailor-made for different purposes. These protocols are incompatible with each other.</p> <p>The purpose of this final year project was to undertake a preliminary study on the selection of a protocol converter to be used with the HES880 frequency converter and PROFIBUS DP. Furthermore, this study aimed to design a test plan to test the suitability of the protocol converter to be used with the HES880. Protocol converter enables two separate fieldbus protocols to communicate with each other thus enabling the use of the CANopen-native HES880 in PROFIBUS DP fieldbus environment. The client of this study is ABB Oy Drives Product Management.</p> <p>This study researched a wide range of protocol converters on the market and determined the necessary features for a device to be used with the HES880 frequency converter. As a result, protocol converters were purchased and a basis for testing them was also established.</p>	
Keywords	Protocol converter, frequency converter, PROFIBUS DP, CANopen, fieldbus

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet ja menetelmät	1
1.2	ABB	2
2	Taajuusmuuttaja	3
3	Kenttäväylä	5
4	PROFIBUS DP	8
5	CANopen	9
5.1	CANopen OSI-mallissa	10
5.2	CANopen-laitteet	10
5.3	Objektikirjasto	11
5.4	CANopen-protokollaperhe	11
5.4.1	PDO (Process Data Object) -protokolla	12
5.4.2	SDO (Service Data Object) -protokolla	14
5.4.3	NMT (Network Management) -protokolla	15
5.4.4	Erikoistoiminnot	16
5.4.5	Vartiointiprotokollat	16
6	Protokollamuunnin	17
7	Laiteympäristö	19
7.1.1	Primary-network	19
7.1.2	Sub-network	19
8	Protokollamuuntimen valintaan vaikuttavat ominaisuudet	22
8.1	Kommunikointi HES880-taajuusmuuttajan kanssa	24
8.2	Protokollakonvertterin datapuskurin toimintaperiaate	26
8.3	Protokollamuuntimen suorituskyky	29
8.4	Protokollamuuntimen ominaisuusmäärittely	30
9	Vertailut protokollamuuntimet	32

9.1	Laitteiden sanomakapasiteetti	33
9.2	Hilscher netTAP NT100-DP-CO	34
9.3	proconX ESEPRO	35
9.4	HMS Anybus AB7301	35
9.5	Deutschmann Unigate CM Profibus DP	35
9.6	Helmholz DP / CAN Coupler	35
9.7	SSTCOMM GT200-DP-CO	36
9.8	esd CANopen-DP/2	36
10	Protokollamuuntimen testaussuunnitelma	37
10.1	Johdanto	37
10.2	Testauskohde ja tavoitteet	37
10.3	Muut testattavat ominaisuudet	38
10.4	Rajoitteet	38
10.5	Testiympäristö	40
10.5.1	Syklisen viestinnän viiveen testimenetelmä	40
10.5.2	Kuormitus yhdellä taajuusmuuttajasimulaattorilla	43
10.5.3	Kuormitus viidellä taajuusmuuttajasimulaattorilla	44
10.6	Testidatan tallennus ja analysointi	44
10.7	Hyväksymiskriteerit	45
11	Yhteenveto	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Protokollamuuntimien ominaisuuksien vertailutaulukko	
	Liite 2. Sähköpostikeskustelu esd:n teknisen tuen kanssa	
	Liite 3. Sähköpostikeskustelu Helmholzin teknisen tuen kanssa	

Lyhenteet

ATEX	Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskeva standardisointi.
CAN	Controller Area Network. Kenttäväyläprotokolla.
CANopen	CAN-pohjainen ylemmän tason kenttäväyläprotokolla.
CiA	CAN in Automation. Kansainvälinen CAN-protokollaa kehittävä ja tukeva organisaatio. CiA julkaisee CAN-viestintää koskevia spesifikaatiota.
COB	Communication Object, CANopen-kommunikointiohjelma.
COB-ID	Communication Object Identifier. Kommunikointiohjelmatunniste, joka yksilöi PDO- ja SDO-sanomat.
DPV0	PROFIBUS DP:n syklisen viestinnän protokolla.
DPV1	PROFIBUS DP:n asyklisen viestinnän protokolla.
DSUB9	Sarjaliikennettä tukeva 9-pinninen liitintyyppi.
DTC	Direct Torque Control, suora momentinsäätö. ABB:n kehittämä hienostunut taajuusmuuttajan moottorinohjausmalli.
EDS	Electronic Data Sheet. CANopen-laitteen perustiedot ja toiminnallisuudet sisältävä tiedosto. Käytetään laitteistomäärittämisessä.
EIA	Electronics Industry Association. Yhdysvaltalainen sähköalan standardointiorganisaatio.
EMCY	Emergency-protokolla. Virheilmoituksia välittävä CANopen-sanoma.
GSD	Gerättestammdaten, General Station Description. PROFIBUS DP -laitteen perustiedot ja toiminnallisuudet sisältävä tiedosto. Käytetään laitteistomäärittämisessä.

IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
IGBT	Insulated Bipolar Gated Transistor. Suuritehoinen bipolaaritransistori.
IPxx	IP-luokitus on eurooppalainen sähkölaitteiden tiiviiden määrittävää luokitusjärjestelmä.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardoimisjärjestö.
NMT	Network Management. Verkonhallintatyökalu. CANopen-masterin ominaisuus.
OD	Object Dictionary, objektikirjasto. CANopen -laitteen kommunikointirajapinta ja kaiken laitteen informaation sisältävä indeksi.
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model. Tiedonsiirtoprotokollat kerroksittain kuvaava referenssimalli.
PDO	Process Data Object. Prosessidataobjekti. Aikakriittisen datan siirtoon soveltuva CANopen-kommunikointiobjekti.
RPDO	Receive-PDO. Vastaanotettava PDO-sanoma.
RS-485	Differentiaalista signaalia käyttävän sarjaliikenneväylän määrittelevä standardi. RS, Recommended Standard.
SAE J1939	CAN-pohjainen ylemmän tason kenttäväyläprotokolla.
SDO	Service Data Object. Palveluobjekti. Konfigurointiin käytettävä CANopen-kommunikointiobjekti.
SYNC	Synkronointiprotokolla. CANopen-väylän syklinen viestintä tahdistetaan synkronointiobjektien mukaan.
TPDO	Transmit-PDO. Lähetettävä PDO-sanoma.

1 Johdanto

HES880 on ABB:n valmistama vaatimaan teolliseen käyttöön suunnattu taajuusmuuttajamoduuli, jossa on integroituna CAN (Controller Area Network) -kenttäväyläprotokollaa käyttävä kommunikointimoduuli sisältäen ylemmän tason CANopen- ja SAE (Society of Automotive Engineers) J1939 -kommunikointiprotokollat. Kommunikointiratkaisun rajoittuminen CAN-väylään on rajoittava tekijä, joten ABB:lla on asiakaslähtöinen tarve laajentaa HES880-taajuusmuuttajan kanssa käytettävien kenttäväylien kirjoa. Mahdollisuus käyttää HES880-taajuusmuuttajamoduulia muualla kuin sille ominaisen CAN-väylän ylemmän tason kohteissa avaa moduulille uusia sovelluskohteita. Lisäoptioiden, kuten kenttäväyläadapterien, lisääminen suoraan taajuusmuuttajaan ei ole mahdollista laitteen IP67-luokitellun koteloinnin sekä minimiin rajoitettujen ulkoisten liitännöiden takia. [1.]

Kaikkiin PLC (Programmable Logic Controller) -malleihin ei ole saatavilla CANopen-kommunikointimoduulia, eikä ole kannattavaa hankkia protokollamuunnoksen tekemiseen kokonaista CANopenia tukevaa PLC-laitteistoa. Tämä nostaa kynnyksestä HES880-moduulin käyttämiseksi. Erillisiä kenttäväyläyhteyteen liitettäviä protokollamuuntimia on kuitenkin saatavissa useilta valmistajilta. Nämä myös kenttäväylä- tai protokollakonverttereina tunnettavat laitteet toimivat tulkkina kahden eri kenttäväyläprotokollan välillä mahdollistaen niiden välisen tiedonsiirron.

1.1 Tavoitteet ja menetelmät

Tämän insinööriyön tavoitteena on tehdä esiselvitys HES880-taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvan protokollamuuntimen valitsemiseksi sekä mainitun esiselvityksen pohjalta pohtia testaussuunnitelmaa valitun laitteen tai laitteiden testaamiseksi. Testisuunnitelmaa noudattamalla protokollamuunninten suorituskyvystä saadaan vertailukelpoista tietoa. Protokollamuuntimen tulee kytä integroimaan HES880-taajuusmuuttaja PROFIBUS DP (Process Fieldbus Decentralized Peripherals) -verkkoon. Esiselvityksen laatiminen vaatii huolellista tutustumista taajuusmuuttajan ominaisuuksiin sekä kenttäväylien ja protokollamuuntimien toimintaperiaatteeseen. Näiden seikkojen ymmärtämisen lisäksi tulee huomioida se, millaiseen käyttötarkoitukseen protokollakonvertterit halutaan käytettävän.

Eri valmistajien protokollamuuntimien ominaisuuksissa on eroja, ja niiden suorituskyky riippuu monista kohteelle ja sovellukselle ominaisista osatekijöistä. Laitteiston käyttökohdet ja sovellukset eivät ole kiinteästi määrättyjä, vaan ne ovat loppukäyttäjakohtaisia.

Esiselvitys tehdään tutustumalla CANopen- sekä Profibus DP -kenttäväyläprotokolliin sekä selvittämällä markkinoiden protokollamuunnintarjonta. Työssä määritellään protokollamuuntimelle valintakriteerit HES880:n aiotun käyttötarkoituksen sekä käyttöympäristöympäristön pohjalta. Esiselvityksen pohjalta hankitun tiedon perusteella tehdään päätökset protokollamuuntimien valitsemiseksi testattavaksi. Tämä insinööryö tehdään ABB Oy Drivesin tuotehallinnalle.

1.2 ABB

ABB Group on monikansallinen yhtiö, jonka juuret ovat osaksi myös Suomessa. Suomalaisjuuret juontuvat 1800-luvun lopulla Helsinkiin perustetusta Strömbergin sähköliikkeenstä, josta tuli sittemmin yksi Suomen suurimmista teollisuusalan yrityksistä muun muassa sotakorvauksien toimitusten ansiosta. Strömberg siirtyi ensin ruotsalaisen ASEA:n omistukseen 1980-luvulla, ja pian tämän jälkeen vuonna 1988 ASEA:n ja sveitsiläisen teollisuusjätin Brown Boverin fuusiosta syntyi ABB. [2.]

Nykyään ABB Group on yksi maailman johtavista taajuusmuuttajia ja sähkömoottoreita valmistavista teknologiajäteistä tarjoten työn 135 000 henkilölle ympäri maailman. Yhtiön Suomessa toimivan tytäryhtiön ABB Oy:n osuus tästä lukemasta on noin 5 300 henkeä vuonna 2018. ABB onkin pääkaupunkiseudun suurin työllistäjä 2,3 miljardin euron liikevaihdolla. ABB toimii Suomessa noin kahdellakymmenellä paikkakunnalla. Valmistavaa teollisuutta Suomessa tapahtuu neljässä keskittymässä, joita ovat Helsinki, Porvoo, Vaasa ja Hamina. Merkittäviä tuotteita Suomessa ovat muun muassa Azipod-ruoripotkurijärjestelmät, taajuusmuuttajat, muuntajat, generaattorit ja sähkömoottorit. Yhtiön vuosittain tuotekehitykseen panostama summa Suomessa on 100 - 200 miljoonaa euroa. [3.]

2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka voidaan kytkeä kahden ominaisuuksiltaan poikkeavan sähköverkon välille. Taajuusmuuttajan toiminta perustuu kolmeen pääkomponenttiin joita ovat tasasuuntaaja, välipiiri ja vaihtosuuntaaja. Taajuusmuuttajan syöttöverkon vaihtojännite ajetaan tasasuuntaajan läpi tasajännitteeksi ja varastoidaan taajuusmuuttajan välipiiriin. Välipiiri suodattaa jännitteen heilahtelut. Välipiiristä tasajännite muunnetaan takaisin halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi taajuusmuuttajan vaihtosuuntaajan IGBT-transistoreja tai tyristoreja käyttäen. [4.]

Yksi yleisimpiä sovelluksia taajuusmuuttajalle on käyttää sitä osana moottori- tai generaattorikäyttöjä. Vaihtovirtasähkömoottorin pyörintänopeus on riippuvainen vaihtovirran taajuudesta, joten suoraan vaihtovirtaverkkoon kytkettynä sähkömoottorin pyörintänopeus on verkon taajuuden määrittämä. Mikäli taajuus ei muutu, pysyy moottorin nopeus muuttumattomana. Sähkömoottorin pyörintänopeuden säätäminen perinteisillä metodeilla, kuten jarruilla ja vaihteistoilla, on energiaepätaloudellista. Lisäksi mekaanisten ratkaisuiden käyttö aiheuttaa lisää huoltokohteita. Taajuusmuuttajaa käyttäen voidaan portaattomasti säätää moottorille syötettävää vaihtovirran taajuutta, jolloin moottori saadaan pyörimään aina prosessin kulloinkin vaatimalla nopeudella. Tällöin hallitaan prosessia tarkasti, säästetään energiaa sekä vähennetään kunnossapidon tarvetta eliminoimalla mekaanisia huoltokohteita. [4.]

HES880-taajuusmuuttaja

HES880 on ABB:n monikäyttöinen marine- ja teollisuuskäyttöön suunniteltu täysin nestejäähdytteinen taajuusmuuttaja. Laitteeseen on saatavilla kolme erilaista laiteohjelmistoa mitkä mahdollistavat moduulin käytön invertterinä, DC/DC-moodissa sekä generaattorimoodissa. HES880 on suunniteltu sietämään syklistä kuormitusta. Tyypillisiä käyttökohteita sille ovat muun muassa generaattori-, vinssi- ja nostokurkisovellukset sekä erilaiset moottorikäytöt ja voimaverkkoadapterit sekä energiavarastojen kuten akustojen ja superkondensaattoreiden rajapintasovellukset. [1.]

Laite on hankalia ja vaativia käyttöolosuhteita silmällä pitäen sijoitettu järeään valualumiiniseen IP67-luokiteltuun koteloon. Taajuusmuuttaja kestää jatkuvaa 4 g:n värinää sekä iskuja 30 g:hen asti. Käyttöympäristön lämpötilaksi moduulille on luokiteltu laaja -

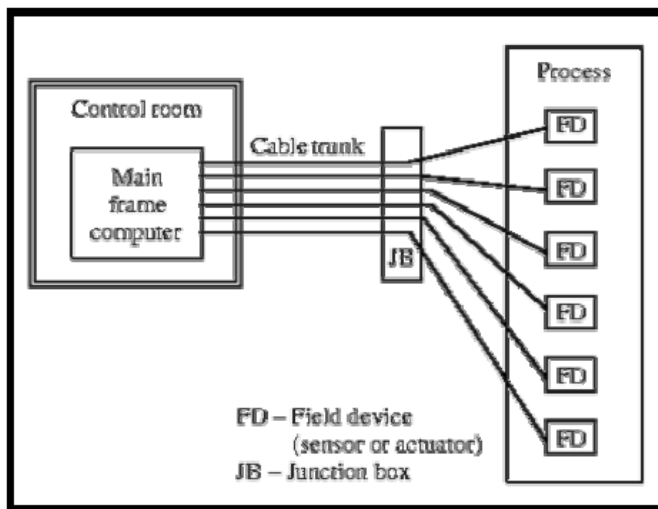
40 ... +85 °C:n lämpötilaskaala. Jäähdytysnesteen lämpötilaksi laite sallii jopa +70 °C vapauttaen resursseja jäähdytyksestä. [1.]

HES880:lla voidaan ajaa tavanomaisia induktio- eli oikosulkumoottoreita, tahtireluktanssimoottoreita sekä kestopagneettimoottoreita. Moottorinohjausmalleiksi on valittavissa yksinkertainen jännite/taajuus -suhdetta säätävä skalaariohjaus sekä kehittynyt suora momentinsäätö, DTC (Direct Torque Control). [1.]

HES880-taajuusmuuttaja on ohjelmitavissa IEC 61131-3:n määrittämällä ohjelmointikielillä. Moduulin I/O-liitännät sisältävät kaksi analogista tuloa, kolme digitaalista tuloa sekä kaksi digitaalista lähtöä. Kenttäväyläyhteytenä taajuusmuuttajassa on integroitu CAN-pohjainen kommunikointimoduuli, joka käsittää ylemmän tason CANopen- sekä SAE J1939 -kommunikointiprotokollat. [1.]

3 Kenttäväylä

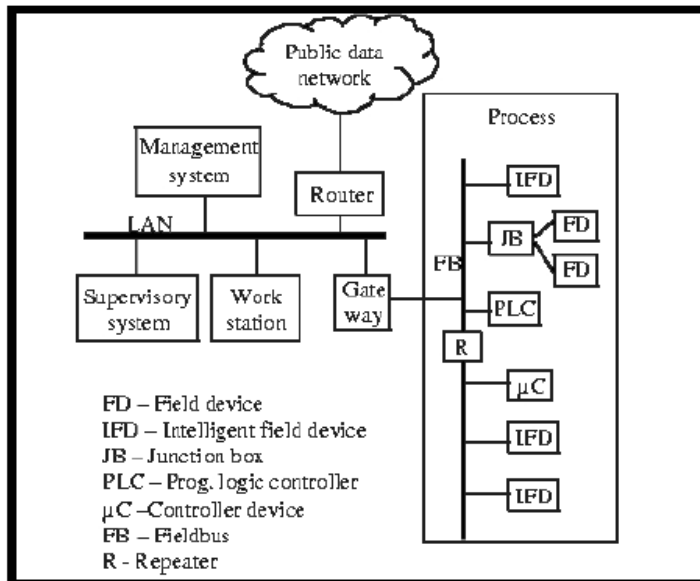
Kenttäväylä on digitaalinen kaksisuuntainen tiedonsiirtoyhteys, joka yhdistää erilaiset kentälaitteet kuten anturit, taajuusmuuttajat ja toimilaitteet toisiinsa sekä hallinta- ja valvomolaitteisiin kuten ohjelmitaviin logiikoihin sekä tietokoneisiin. Kenttäväyläteknologia kehittyi tarpeen pohjalta korvaamaan vanhan point-to-point-mallin, jossa kentälaitteet oli yhdistetty kukin yksittäin suoraan prosessia ohjaavaan tai valvovaan yksikköön. Tämä ratkaisu oli sekä työläs että kallis, sillä kytkennät monimutkaistuivat laitteiden määrän kasvaessa ja niiden korjaaminen sekä uudelleenkytkentä muodostui hankalaksi. Point-to-point-kytkentämalli on esitetty kuvassa 1. [5, s. 2.]



Kuva 1. Kentälaitteet (FD, field device) on yhdistetty kontrolleriin point-to-point-yhteyttä käyttäen kukin yksittäin. Kyseessä on tähtitopologia [5, s. 6].

Kentälaitteiden määrän vähittäinen kasvu sekä erillisten tuotantosolujen tai saarekkeiden yhdistämisen tarve toi mukanaan tarpeen kehittää ja yksinkertaistaa laitteiden kytkentäprosessia. Kehitys johti useiden vaiheiden kautta linjatopologiaan, jossa kentälaitteet eivät enää kukin erikseen yhdisty ohjausyksikköön, vaan ovat linjamuotoisesti peräkkäin lyhyillä kaapelointiyhteyksillä liitettynä yksittäiseen väylään – kenttäväylään. Kenttäväyliin siirtyminen laskee kunnossapitokustannuksia, sillä se vähentää kaapeloinnin ja kytkentöjen tarvetta helpottaen kohteiden huoltoa ja ylläpitoa. Myös muutos- ja asennustyöt nopeutuvat. Kenttäväyläverkkoja ei ole kuitenkaan rajoitettu linjamuotoiseksi, vaan niitä voidaan toteuttaa muillakin tavoilla kuten esimerkiksi tähti-, ja rengastopologioihin pohjautuen. Valitun topologian tyyppi vaikuttaa muun muassa verkon

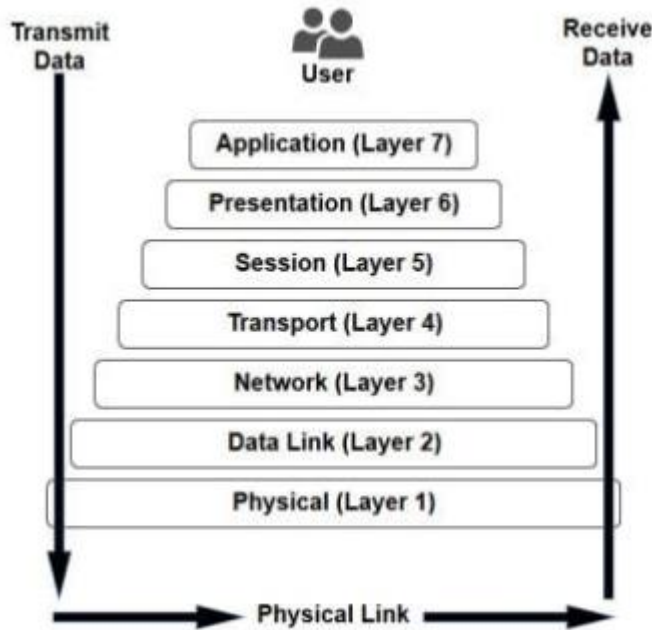
vikasietoisuuteen. Kuvassa 2 on esitetty linja- ja puumallia yhdistelevä kenttäväyläratkaisu. [5, s. 3–4.]



Kuva 2. Järjestelmä, jonka kenttäväyläosiossa kentälaitteiden yhdistämiseen on käytetty linja- ja puu-mallia yhdistelevää rakennetta [5, s. 9].

Kenttäväylien tuomiin etuihin lukeutuu kaapeloinnin vähenemisen lisäksi kaksisuuntainen tietoliikenne sekä kenttäväylästandardien takaama laitevalmistajien laitteiden yhteensopivuus keskenään. Tänä päivänä kenttäväylien kirjo on erittäin laaja käsittäen erilaisiin kohteisiin ja sovelluksiin suunniteltuja kommunikointiprotokollia. Kenttäväylät sitovat yhteen kokonaisia tuotantolaitoksien prosesseja, jolloin isoakin hajautettua aluetta voidaan valvoa keskitetysti. Tämä on ollut avaintekijä nykyaikaisen teollisuuden automatisoinnissa. [5, s. 4; 5, s. 13.]

Kenttäväylät ovat tiedonsiirtoverkkoja, joten niitä voidaan tarkastella OSI (Open Systems Interconnection Reference Model) -mallin näkökulmasta. OSI-malli on määritelmä, joka jakaa verkkopohjaiset kommunikointiratkaisut seitsemästä kerroksesta koostuvaan referenssimalliin. Kukin kerroksista käyttää itseään alemman kerroksen palveluita ja tarjoaa niitä mallissa itseään ylempänä olevalle kerrokselle. OSI-mallin rakenne on nähtävillä kuvassa 3. [5, s. 15.]



Kuva 3. Tiedonsiirtoprotokollien rakennetta kuvaava OSI-malli [6].

Kenttäväylien fyysiseksi tiedonsiirtokerrokseksi eli siirtomediaksi on olemassa erilaisia vaihtoehtoja kuten optinen kuitu tai kierretty parikaapeli. Optinen kuitu soveltuu pitkille etäisyyksille sekä on erittäin vastustuskykyinen elektromagneettisille häiriöille [7]. Parikaapeli on yleinen ratkaisu. Yksi kierretyn parikaapelin käytön datasiirrossa määrittävä standardi on RS-485. RS-485 on Electronics Industry Associationin (EIA) differentiaalista signaalia käyttävän sarjaliikenneväylän määrittävä standardi. Se ei ole kommunikointiprotokolla, vaan käsittää pelkästään OSI-mallin 1. kerroksen eli väylän fyysisen kerroksen ominaisuudet. Tiedonsiirto RS-485-pohjaisen väylän ylitse määritellään muissa standardeissa. RS-485-standardissa määriteltyä siirtomediaa käyttää kenttäväylästandardeista muun muassa PROFIBUS DP. [8.]

Siirtomediaksi RS-485 määritetään kierretty johdinpari, jonka johtimissa kulkee toisiinsa nähden aina vastakkainen jännite. Tällainen tiedonsiirtomedia on vastustuskykyinen linjaan indusoituville sähkömagneettisille häiriöille. Väylä päätetään molemmista päistään yhdistämällä johtimet 100–120 ohmin suuruisilla terminointivastuksilla, jotka estävät linjan avoimista päistä johtuvat signaaliheijastumien aiheuttamat häiriöt linjassa. Linjan pituus rajoittaa tiedonsiirtonopeuden käytettävissä olevaa maksimiarvoa siten, että lyhyessä linjassa on mahdollista käyttää suurempaa tiedonsiirtonopeutta, mutta linjapituuden kasvaessa siirtonopeutta on laskettava. Liittimien tyyppiä standardi ei määrittele. [8.]

4 PROFIBUS DP

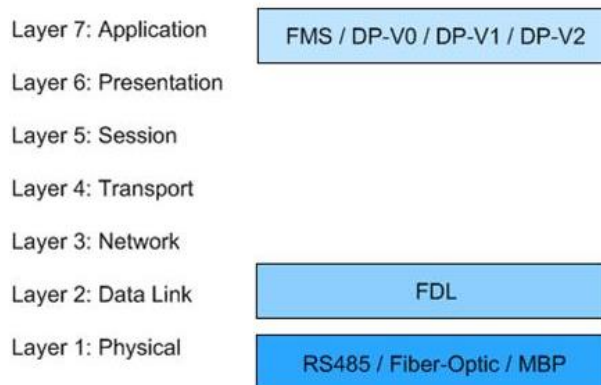
PROFIBUS DP on PROFIBUS PA:n (Process Automation) ohella toinen avoimen PROFIBUS-standardin alaisista variaatioista. Se on nopeaan tiedonsiirtoon kykenevä valmistusteollisuudessa käytettävä kenttäväyläprotokolla. DP-liite viittaa väylän hajautettuun rakenteeseen, jossa kenttälaitteet on eriytetty kontrollerista ja hajautettu nopean tiedonsiirtoyhteyden päähän. [9, s. 3.]

Slave-laitteita sisältävistä PROFIBUS-järjestelmistä 90 % on tänä päivänä toteutettu PROFIBUS DP -protokollaa käyttäen [10]. PROFIBUS DP on nykyisistä kenttäväylästandardeista nopein kyeten 12 Mbit/s siirtonopeuksiin lyhyillä etäisyyksillä. Protokolla on jaoteltu kolmeen versioon, joita ovat DPV0, DPV1 ja DPV2. DPV0 on PROFIBUS DP:n ensimmäinen versio ja tukee vain syklistä viestintää soveltuen nopeaan aikakriittisen prosessidatan siirtämiseen laitteiden välillä sekä diagnostiikkaan. DPV0:aa seurannut DPV1-protokollalaajennus mahdollistaa myös konfigurointiin ja hälytysten käsittelyyn soveltuvan asyklisen viestinnän. DPV2 on versioista uusin mahdollistaen esimerkiksi isokronisen viestinnän. PROFIBUS DP -kenttäväylän sanomat ovat frame- eli viestikehyspohjaisia. Yksittäisen kehyksen sisältämä datamäärä ei voi ylittää 244 tavua. [9, s. 3; 10.]

Laitteet PROFIBUS DP -väylässä jaetaan master- ja slave-laitteisiin. Slave-laitteita ovat kaikki hajautetut kenttälaitteet kuten taajuusmuuttajat ja erilaiset mittalaitteet. Slaveilla ei ole PROFIBUS-väyläoikeuksia, vaan ne toimivat passiivisina ”solmuina” eli väylään kytkettyinä laitteina kyeten ainoastaan kuittaamaan vastaanotetut viestit sekä vastaamaan niille esitettyihin kyselyihin. Mastereiksi lasketaan kontrollerit, esimerkiksi PLC. Ne ovat väylän aktiivisia laitteita, ja kaikki viestintä master- ja slave-laitteiden välillä tapahtuukin aina masterin aloitteesta. Master kysyy slaveilta ja slavat vastaavat. Väylässä olevia laitteita kutsutaan myös nodeiksi eli solmuiksi. [9, s. 3.]

Laitteet määritellään GSD (Gerättestammdaten, General Station Description) -tiedostoja käyttäen. Tiedosto on laitteen identiteetti sisältäen laitteen perustiedot. Masterille GSD-tiedostot ovat peruskivi, joiden varaan se rakentaa slave-laitteet kattavat parametrisoinnensa. Tiedonsiirtonopeuden asetus PROFIBUS DP -väylässä annetaan masterille. Slavat tunnistavat masterin asetuksen käynnistyessään ja asettavat oman arvonsa identtiseksi masterin kanssa. Yhtenevä asetus tiedonsiirtonopeudessa on yksi edellytys onnistuneelle laitteiden keskinäiselle kommunikaatiolle. [9, s. 5–6.]

PROFIBUS DP toteuttaa kolmea tasoa OSI-mallin seitsemästä tasosta. Näitä ovat fyysinen kerros, siirtokerros sekä sovelluskerros. Kerroksia kolmesta kuuteen standardissa ei määritellä. Tämä on havainnollistettu kuvassa 4. [11.]



Kuva 4. PROFIBUS OSI-mallissa [11]

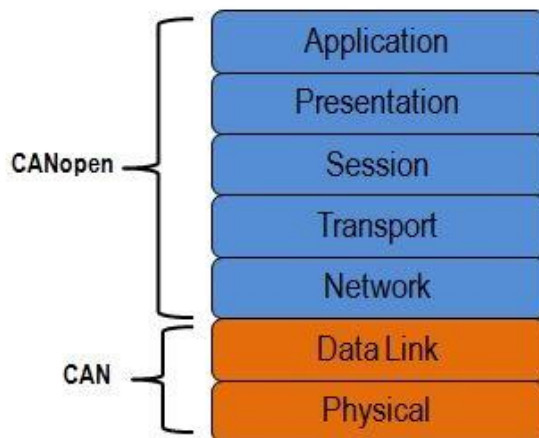
Fyysisessä kerroksessa määritellään PROFIBUSille kolme erilaista siirtomediaa, joita ovat optinen kuitu, MBP eli Manchester Bus Power PROFIBUS PA:n yhteydessä, sekä RS-485 eli kierretty parikaapeli. Yleisin fyysinen siirtomedia näistä on RS-485. Standardi määrittää PROFIBUS-liittimen tyyppiä DSUB9. [10.]

5 CANopen

CANopen on CAN-protokollaan pohjautuva korkeamman tason kommunikointiprotokolla sekä laiteprofiilimäärittelmä. Se on suunniteltu erittäin joustavaksi sulautetuissa järjestelmissä käytettäväksi kommunikointijärjestelmäksi. CANopen ei ole yksittäinen protokolla, vaan kokoelma useita erilaisia protokollia mitkä yhdessä luovat CANopen-kokonaisuuden. Standardoidut sovellus- ja laiteprofiilit helpottavat CANopen -protokollan käyttöön-ottoa sekä takaavat eri valmistajien laitteiden saumattoman yhteensopivuuden rajamatta silti pois valmistajien lisäämiä omia laitekohtaisia ominaisuuksia. CANopenissa voidaan käyttää tiedonsiirtomediaa ISO (International Organization for Standardization) -11898-2:ssa määriteltyä kierrettyä parikaapelia, joka terminoidaan päätevastuksilla signaaliheijastumien eliminoimiseksi. [12.]

5.1 CANopen OSI-mallissa

Korkeamman tason kommunikaatioprotokollana CANopen käsittää OSI-mallin sovelluskerroksen, johon on sulautettu myös alempien kerroksien toimintoja. Referenssimallin kahta alinta kerrosta CANopen ei käsittele, vaan CAN-pohjaisena se käyttää CAN-standardissa valmiiksi määritettyjä fyysistä kerrosta ja siirtokerrosta. CANopen-viestit ovat frameen eli viestikehykseen perustuvia. Yksi CAN-viestikehys voi sisältää maksimissaan 8 tavua dataa. CANopenin määrittely OSI-mallissa esitetään kuvassa 5. [13.]



Kuva 5. CANopen OSI-mallissa [13].

5.2 CANopen-laitteet

CANopen-device on yleisnimitys väylässä olevalle laitteelle. Laitteet jaotellaan yleisesti slaveiksi ja mastereiksi. Ilman managerointioikeuksia laite on slave. Canopen-master on laite, jolla on oikeudet verkon- sekä yhteyksienhallintaan. Lisäksi masterilla on käytössään kokoelma erilaisia CANopen-standardissa määriteltyjä erikoistoimintoja. [14.]

CANopen-laitteiden tyyppikuvaus sekä toiminnot määritellään EDS (Electronic Data Sheet) -tiedoston avulla. Se on selväkielinen tekstimuotoinen tiedosto ja siten muokattavissa esimerkiksi notepad-ohjelmalla. EDS-tiedoston avulla esitetään sähköisessä muodossa jokaisen CANopen-laitteen sisältämä objektikirjasto (Object Dictionary) ja sen sisältö. EDS-tiedosto toimii CANopen-laitteen asennustiedostona laitekokoontaan.

määrittäessä kun laitteen tiedot halutaan lisätä jonkin automaatio suunnitteluohjelman, kuten ABB Automation Builderin tai Siemens SIMATICin laitekirjastoon. [15.]

5.3 Objektikirjasto

Objektikirjasto on CANopen-kenttäväyläprotokollan keskeinen toiminto ja toimii CANopen-laitteen kommunikointirajapintana. Objektikirjaston kanssa vuorovaikutetaan prosessidataobjektein (PDO) sekä palveluobjektein (SDO). Objektikirjasto sisältää kaiken laitteen kommunikaatioon ja ominaisuuksiin liittyvän datan sekä prosessidatan. Kirjasto rakentuu 16-bittisestä indeksistä sekä 8-bittisistä alaindeksistä mahdollistaen 65 536 kirjaston objektia ja jokaiselle objektille 256 objektin alaindeksin. Kirjaston merkintöjen tietotyypit voivat olla tyypiltään esimerkiksi totuusarvomuuuttujia, merkkejä, liukulukuja sekä erilaisia kokonaislukutyyppejä. Indeksien sisältö on määritelty CANopen-standardeissa sisältäen kirjaston pakolliset merkinnät, kuten valmistajan ja laitetyypin, sekä vapaan valmistajakohtaisen alueen. Kaikki objektikirjaston sisältämät merkinnät luokitellaan kommunikointiobjekteiksi (Communication Object, COB). [13; 15.]

5.4 CANopen-protokollaperhe

CANopen-protokollaperhe koostuu useista erilaisista kommunikointiobjekteista. Kaikki protokollaperheen jäsenet eivät kuitenkaan ole ominaisia jokaiselle CANopen-laitteelle, vaan laitteet sisältävät valmistajan räätälöimän osakokonaisuuden protokollaperheestä käyttötarkoituksensa mukaan. CANopen-protokollaperheen jäseniä ovat

- prosessidataobjektit (PDO, Process Data Object)
- palveluobjektit (SDO, Service Data Object)
- verkonhallintaobjektit (NMT, Network Management)
- erikoistoiminto-objektit (SYNC, EMCY, Time)
- virnehallintaobjektit (Heartbeat, Node Guarding). [13.]

5.4.1 PDO (Process Data Object) -protokolla

PDO eli prosessidataobjekti on CANopen-protokollan syklisestä viestinnästä vastaava kommunikointiobjekti. PDO-sanoma on tarkoitettu reaaliaikaisen aikakriittisen datan siirtoon solmulta toiselle solmulle. Reaaliaikaisuuden käsite on osittain harhaanjohtava, sillä sanoman asetuksista riippuen PDO-sanoman toimitukseen sisältyy viivettä aina vähintään yhden väylän synkronointisignaalin välin verran. Aikakriittistä dataa ovat esimerkiksi ohjauksen komennot sekä erilaiset prosessimuuttujat. [13.]

PDO-sanomat jaotellaan kahteen luokkaan, joita ovat TPDO (Transmit-PDO) sekä RPDO (Receive-PDO). Sanoman luokittelu jompaankumpaan tyyppiin riippuu katsantokannasta. Solmun A lähettäessä PDO-sanoman solmulle B on tämä sanoma solmun A kannalta TPDO ja solmun B kannalta RPDO. Sanoman lähettänyttä osapuolta kutsutaan produceriksi, sillä se tuottaa tietoa ja vastaanottajaa consumeriksi sen kuluttaessa tai omaksuessa tietoa. [13; 16, s. 31.]

PDO-sanoma määritellään kommunikointi- ja mappausparametreilla. Kommunikointiparametreja ovat muun muassa PDO:n yksilöivä kommunikointiobjektitunnus eli COB-ID (Communication Object Identifier), sekä PDO-sanoman lähetystyyppin määrittely. Mappausparametreilla määritetään informaatio siitä, mihin PDO-sanoma kohdennetaan sekä minkälaista dataa sanoma kuljettaa. Yksittäisen sanoman datasisällön määrä on maksimissaan 8 tavua, ja se voi sisältää viittauksen useisiin eri objektikirjaston kohteisiin. [13; 16, s. 31; 17, s. 61.]

PDO-sanoman sisältö määritellään PDO-mappingia eli mappauskäyttöä. Mappaaminen tarkoittaa sitä, että sanomaan sidotaan halutut prosessimuuttujat tai muu siirrettävä data sekä muuttujien datatyyppi, pituus sekä järjestys sanomakehyksessä. PDO-sanoman sisältämä tieto ei ole suoraan tulkittavissa, vaan tiedonsiirron perustana on, että sekä lähettäjä että vastaanottaja tietävät kuinka tietoa luetaan. Sisällöllä ei ole kiinteää formaattia. Mappaus tallentuu määrittelyvaiheessa sekä vastaanottavan että lähettävän solmun objektikirjastoon ja toimii koodiavaimena viestin sisällön tulkitsemiseen. Ainoa tapa tunnistaa PDO on sen COB-ID:n eli kommunikointiobjektitunnuksen kautta. [13.]

Kaikkia PDO-sanomia ei toimiteta samalla tavalla, vaan käyttäjä määrittelee sanoman lähtemisen aiheuttava tekijän. Tämä tehdään valitsemalla sanomalle tarkoitukseen soveltuva transmission type, eli lähetystyyppi. Lähetystyyppi asetetaan välillä 0 - 255.

Tyypillinen PDO-sanoman lähetystyyppi on syklinen synkroninen, mikä tarkoittaa sitä, että se on luonteeltaan toistuva ja sidottu CANopen-väylän synkronointisignaaliin eli SYNC-objektiin. PDO-sanomien lähetystyyppit on listattu kuvassa 6. [17, s. 100.]

Description of transmission type

Transmission type	PDO transmission				
	Cyclic	Acyclic	Synchronous	Asynchronous	RTR only
0		X	X		
1...240	X		X		
241...251	Reserved				
252			X		X
253				X	X
254 ¹⁾				X	
255 ²⁾				X	

¹⁾ The transmission of this PDO is initiated by an event device. The event is manufacturer-specific.

²⁾ The transmission of this PDO is initiated by an event on the device. This event must be defined in the device profile.

Kuva 6. PDO-sanomien lähetystyyppit [17, s.100].

Sanoman syklisyys tarkoittaa, että sanoma on säännöllisin väliajoin toistuva. Asyklinen sanoma ei ole säännöllisesti toistuva, vaan sanoman lähetys liipaistaan jollakin ulkoisella tekijällä. Synkronisuudella tarkoitetaan sanoman lähetyksen olevan tahdistettu väylän synkronointi- eli SYNC-objektin vastaanottamiseen. Asynkronista sanomaa ei ole sidottu SYNC-objektiin.

Asyklisessä synkronisessa lähetysmuodossa (type 0) PDO-sanoman lähetys tapahtuu vain, kun sanoman lähetyksen liipaiseva tapahtuma on tapahtunut ja sen jälkeen on vastaanotettu SYNC-objekti. Liipaiseva tekijä on käyttäjän määriteltävissä ja voi olla esimerkiksi prosessiarvon muuttuminen. [16, s. 32.]

Synkronisen syklisen PDO-sanoman (type 1 – 240) lähetys on sidottu SYNC-objektin vastaanottamiseen. Synkronointisignaalin saapuessa signaalin vastaanottava solmu ottaa tallenteen sen hetkisestä tilastaan. Tämä tallenne lähetetään eteenpäin sanomalle määritetyn SYNC-objektiriippuvuuden mukaisesti. SYNC-objektiriippuvuus määritellään lähetystyyppin numerolla ja lukema kuvaa sen, kuinka usein sanoma toimitetaan: lähetystyyppin 1 sanoma toimitetaan jokaisella SYNC-objektin kierroksella, lähetystyyppin 2 sanoma joka toisella ja lähetystyyppin n sanoma joka n:llä kierroksella. Huolimatta SYNC-

objektiriippuvuudesta, solmu ottaa tallenteen tilastaan jokaisen vastaanotetun synkronointisignaalin kohdalla, jotta tallenteen tieto olisi aina mahdollisimman ajantasaista. Mahdollisuus valita synkronisille viesteille eriävät toimitusvälit SYNC-objektiin sidotusti ehkäisee väyläkuormituksen kasvamisen liialliseksi ja siten väylän ruuhkautumisen, kun kaikkia sanomia ei toimiteta linjalle samanaikaisesti. [16, s. 32; 19.]

Asynkroninen PDO-sanoma (type 254 – 255) on ”event-triggered” eli tapahtumariippuvainen, eikä sitä ole sidottu synkronointiobjektin vastaanottamiseen. Toimintaperiaatteeltaan tyyppi on erittäin yksinkertainen, sillä PDO lähetetään heti, kun lähetyksen liipaiseva tapahtuma tapahtuu. Asynkroniseen PDO-sanomaan voidaan liittää myös erillinen ajastin, ”event-timer”, joka alkaa laskea käyttäjän ennalta määrittelemää aikaa välittömästi liipaisun jälkeen ja toimittaa sanoman ajastimen saavutettua nollan. Ajastimella voidaan kontrolloida asynkronisten viestin lähetystiheyttä pakottamalla niille jokin minimitaajuus, jota tiheämmin niitä ei toimiteta. Inhibit-time-asetuksella voidaan lisäksi pakottaa asynkronisen viestin toimitus tietyin väliajoin, vaikka liipaisua ei olisi tapahtunut. Lähetystyyppien 252 ja 252 sanomat ovat remote request -tyyppiä, eli niitä pyytää erillinen taho. [16, s. 32; 18.]

5.4.2 SDO (Service Data Object) -protokolla

SDO-sanomat ovat laitteiden konfigurointiin ja suurempien datakokonaisuuksien siirtoon tarkoitettu asyklista viestintää käyttävä protokolla. Niitä käytetään laitteen initialisoinnissa käynnistyksen yhteydessä sekä esimerkiksi laitteen parametroiintiin. Aikakriittisen datan siirtoon protokolla ei sovellu. [19, s. 58.]

SDO-kommunikaatiossa tietoa pyytävää tahoja kutsutaan SDO clientiksi ja pyydetyn tiedon toimittavaa tahoja SDO serveriksi. Protokollaan liittyy kaksi eri toimintoa, joita ovat SDO upload sekä SDO download. Ne vastaavat toimintaperiaatteeltaan PDO-protokollan TPDO- ja RPDO -toimintoja. SDO uploadilla kirjoitetaan dataa kohteeseen ja SDO downloadilla pyydetään dataa kohteesta. [16, s. 38.]

SDO-sanoman siirto tapahtuu osissa. Aluksi siirtotapahtuma initialisoidaan eli alustetaan. Alustuksen aikana tietoa vaihtavat osapuolet valmistautuvat datan siirtoon, ja alustuksen jälkeen suoritetaan varsinainen siirtotapahtuma. SDO-sanoman siirtotapahtuma jaetaan seuraaviin kahteen vaiheeseen:

1. Initiate SDO transfer
2. Upload / download SDO segment. [15, s. 37–38.]

Dataa voidaan SDO:lla siirtää 1–7 tavun verran yhdessä sanomassa. Sanoman datakentän yksi tavu on varattu protokollainformaatiolle, eikä SDO-viesti siksi voi sisältää kahdeksaa datatavua kuten PDO. Mikäli on tarve siirtää suurempia määriä, täytyy data jaotella useampaan SDO-sanomaan. Tarvittaessa, mutta tietyin poikkeuksin, sanoman siirto voidaan keskeyttää. Käytännössä SDO-viestityyppejä on kolmea erilaista: [20.]

- Expedited SDO-sanomaa voidaan käyttää maksimissaan 4:n datatavun siirtotarpeen ollessa kyseessä. Tällöin kaikki data siirretään jo SDO-siirron initialisointivaiheessa, eikä upload / download SDO -vaihetta suoriteta. Expedited SDO -siirtoa ei voi keskeyttää sen yksivaiheisen toiminnan luonteen vuoksi. Yksivaiheisuuden vuoksi menetelmä on myös nopea. [17, s. 68.]
- Normaalista, eli segmentoitua SDO-sanomaa käyttäessä initialisointivaiheessa siirtyy ensimmäiset 4 tavua dataa expedited SDO-viestin tavoin, ja jäljelle jäävät sanoman tavut siirretään initialisointia seuraavassa upload / download SDO -vaiheessa. [17, s. 68.]
- Block transferilla katetaan suurempi kuin yhden segmentoidun viestin siirtotarve. Block transfer koostuu n-määrästä ketjutettuja normaaleja SDO-viestejä. Viestejä voidaan ketjuttaa käytännössä lähes rajattomasti. [17, s. 68.]

5.4.3 NMT (Network Management) -protokolla

NMT-protokolla on CANopen-verkonhallintatyökalu. Oikeudet sen käyttöön on väylän masterilla. NMT-objekteja käytetään laitteiden initialisointiin, käynnistämiseen, pysäyttämiseen, resetointiin ja valvontaan. [16, s. 68.]

5.4.4 Erikoistoiminnot

CANopen määrittää kolme erillistä erikoistoimintoprotokollaa, joita ovat EMCY-, SYNC- ja Timestamp-protokollat.

SYNC-, eli synkronisointiprotokollaa käytetään PDO-sanomien lähetyksen tahdistamiseen CANopen-väylässä. SYNCillä on väylässä erittäin korkea prioriteetti ja sen lähettämiseen on oikeudet SYNC-producerilla. Synkronointisignaalia vastaanottaa consumer eli kuluttaja. Vastaanottaessaan synkronointisignaalin kuluttaja suorittaa synkroniset tehtävänsä. SYNCin intervalli on käyttäjän konfiguroitavissa. [16, s. 62.]

EMCY (emergency) -protokollaa käytetään esimerkiksi virhetilailmoitusten tai virhetilailmoitusten poistumisen välittämiseen. EMCY-viestit liipaistaan laitteen sisäisestä virheestä. Kutakin virhettä kohden solmu (EMCY-producer) lähettää vain yhden EMCY-viestin, eikä uutta viestiä lähetetä ennen uuden virheen ilmenemistä. Virheviestiä vastaanottavan solmun toimenpiteet riippuvat siitä, miten se on konfiguroitu. [16, s. 64; 21.]

TIME-protokollaa käyttäen voidaan asettaa kenttäväyläverkon aika. TIME mapataan yhden CAN-framen dataosioon 6 tavun mittaisena arvona, joka annetaan millisekunneina keskiyön jälkeen ja päivinä 1.1.1984 jälkeen. [21.]

5.4.5 Vartiointiprotokollat

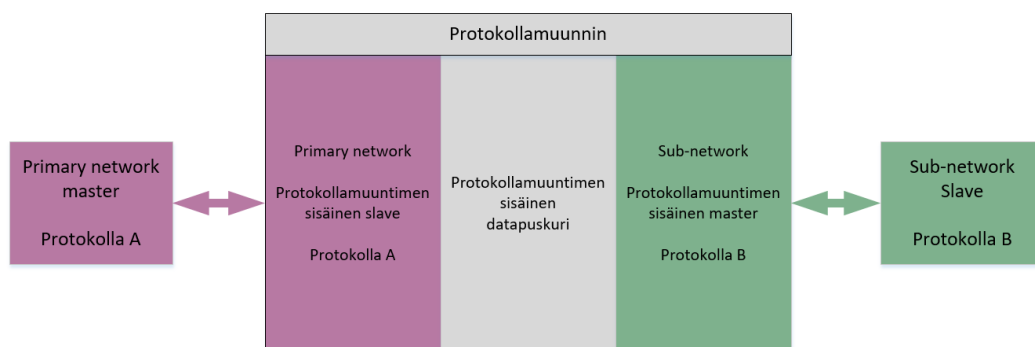
Vartiointiprotokollia ovat node guarding sekä heartbeat. Ne toimivat solmujen ja verkon tilaa valvovina työkaluina. Solmu tuottaa heartbeat-protokollaa käyttäen väylälle ajantasaista tietoa omasta statuksestaan kertoen, onko se käynnissä, stop-, pre-operational- tai operational-tilassa. Node guarding on vanhentunut käytäntö ja korvattu uudemmissa laitteissa heartbeat-toiminnolla. [22.]

6 Protokollamuunnin

Protokolla tarkoittaa tietoliikenteessä yhteyskäytäntöä, joka mahdollistaa keskustelevien osapuolten eli ohjelmien tai laitteiden välisen yhteyden. Protokolla voidaan ymmärtää osapuolten välisenä yhteisenä kielenä tai säännöstönä, joka määrittelee kommunikointitapahtuman toimintalogiikan. [23.]

Kenttäväyläprotokollamuunnin on laite, joka mahdollistaa kahden erillistä ei-yhteensopi- vaa kommunikointiprotokollaa toteuttavan kenttäväyläverkon yhdistämisen toisiinsa sekä näiden verkkojen välisen tiedonsiirron. Tässä työssä yhdistettävät verkot jaotellaan PROFIBUS DP -protokollaa toteuttavaan pääverkkoon sekä CANopen-protokollaa to- teuttavaan aliverkkoon.

Tässä työssä käsiteltävä kenttäväyläprotokollamuunnin toimii tulkkina muuntaen kom- munikointiprotokollan A kommunikointiprotokollaksi B ja päinvastoin. Pääverkossa pro- tokollakonvertterin sisäinen ohjelmisto toimii slavena, joka on alisteinen pääverkon mas- terille. Aliverkossa protokollamuunnin toimii masterina, jolle kaikki aliverkon muut laitteet ovat alisteisia. Protokollamuuntimen masterin sekä slaven toimintoja simuloiva sisäinen ohjelmisto on yhteydessä laitteen sisäiseen tietokantaan, datapuskuriin. Datapuskuri jaetaan input- ja output-osioihin. Datapuskuriin päivittyy ja sieltä välitetään eteenpäin pääverkon masterilta tulevat komennot ja kyselyt sekä sisäisen masterin slave-laitteil- taan vastaanottama informaatio. Datapuskurin yhteydessä tapahtuu varsinainen proto- kollakäännös. Kuvassa 7 havainnollistetaan protokollamuuntimen toimintaperiaate. Pro- tokollamuuntimen toimiessa sille alisteisten slave-laitteiden inputit ja outputit näkyvät muuntimen omina tuloina ja lähtöinä. Laite siis näkyy pääverkon masterille yksinkertai- sesti yhtenä slave-laitteena, jolla on tietty määrä tuloja ja lähtöjä. [19, s. 6–8.]



Kuva 7. Protokollamuuntimen toimintaperiaate.

Protokollamuuntimet eivät valmistajakohtaisesti juurikaan poikkea toisistaan ulkoisilta ominaisuuksiltaan. Laitteissa on liitännät laitteen tukemille kenttäväyläprotokollille, virtaliitin sekä pääsääntöisesti myös laitteen tilaa ilmaisevat ledit sekä laitteen verkko-osoitteen valitsimet. Joissakin tapauksissa laitteessa on myös erillinen diagnostiikkaliitin. Kuvassa 8 esitetään PROFIBUS DP / CANopen -muunnoksen tekevä esd:n valmistama CANopen-DP/2 protokollamuunninmoduuli.



Kuva 8. esd CANopen-DP/2 protokollamuunnin. Kuvassa näkyvät laitteen vasemmassa reunassa PROFIBUS DP -liitin, diagnostiikkaliitin sekä laitteen statusa ilmaisevat ledit. Laitteen alareunaan jää combicon-liittimet CANopenille sekä käyttöjännitteelle. Yläreunassa on säätimet joilla asetetaan laitteen väyläosoite. [24.]

Protokollamuuntimen asetukset määritetään käyttäen jotakin pääverkon masterin konfigurointiohjelmia, kuten ABB:n Automation Builderia tai Siemens S7:ää käyttäen. Laitteen käyttöönottoon voi myös olla saatavilla valmistajan oma konfiguraattorihjelma.

7 Laiteympäristö

Laiteympäristö asettaa omat vaatimuksensa protokollamuuntimen valinnalle. Tässä selvityksessä ABB:n HES880-taajuusmuuttajamoduulia halutaan käyttää ympäristössä, jossa ensisijainen kenttäväyläratkaisu on PROFIBUS DP. Laiteympäristö jaetaan kontrollerina toimivan ohjelmoitavan logiikan sisältävään PROFIBUS DP -pääverkkoon (primary network) sekä HES880-moduulit käsittävään CANopen-aliverkkoon (sub-network). Verkkojen välinen kommunikointi mahdollistetaan protokollamuuntimen avulla. [25.]

7.1.1 Primary-network

Primary-networkin ominaisuudet määriteltiin hyvin avoimiksi. Pääverkkona toimivassa PROFIBUS DP -verkossa master-laitteena toimii ohjelmoitava logiikka (PLC), joten protokollamuuntimen tulee toimia tälle PLC:lle alisteisena slave-laitteena. PROFIBUS DP-slave-laitteen valintakriteerit ovat löyhät; riittää että se laite yhteensopiva masterin tukemien viestintäprotokollien kanssa. Käyttöympäristön asettamia vaatimuksia eli ympäristön olosuhteita laitteistolle ei oteta tässä huomioon. Pääverkolle määriteltiin seuraavat ominaisuudet:

- Primary-network toteuttaa PROFIBUS DP -kenttäväyläprotokollaa.
- Masterina toimiva PLC tukee sykliseen viestintään soveltuvaa PROFIBUS DPV0-protokollaa sekä asykliseen viestintään soveltuvaa PROFIBUS DPV1-protokollaa.
- Tiedonsiirtonopeutena väylässä käytetään PROFIBUS DP:n sallimaa maksimiarvoa 12 Mbit/s. [25.]

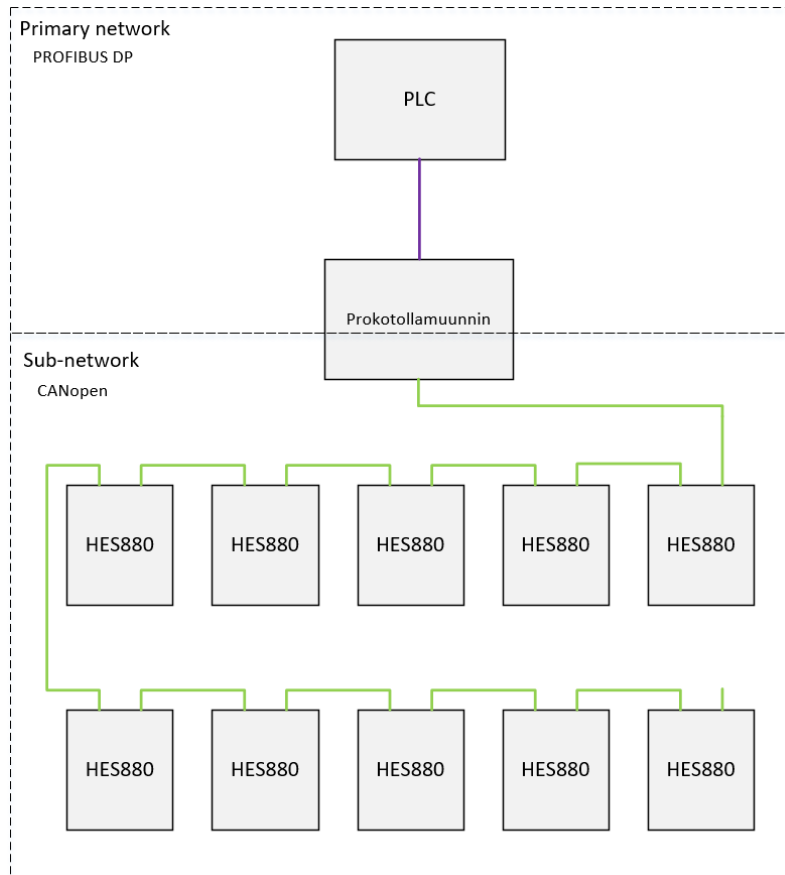
7.1.2 Sub-network

Sub-networkina eli aliverkkona toimii yhdestä tai useammasta HES880-moduulista muodostuva CANopen-protokollaa toteuttava verkko. Masteriksi verkkoon tarvitaan protokollamuunnin, sillä CANopen-verkko ei voi toimia ilman masteria ja HES880 voi toimia ainoastaan slaven roolissa. Käyttöympäristön asettamia vaatimuksia eli ympäristön

olosuhteita laitteistolle ei oteta tässä huomioon. Aliverkolle määriteltiin seuraavat ominaisuudet:

- Sub-network toteuttaa CANopen-kenttäväyläprotokollaa.
- CANopen-verkko muodostuu maksimissaan kymmenestä HES880-moduulista sekä masterina toimivasta protokollakonvertterista. Taajuusmuuttajien määrä vaihtelee sovelluskohteen mukaan. Muita laitteita verkossa ei ole.
- Prosessi- ja parametrintidataa on kyettävä siirtämään verkossa. Tämä tarkoittaa syklistä PDO-liikenteen ja asyklisen SDO-liikenteen hallintaa.
- Vaadittava väylän tiedonsiirtonopeus minimissään 250 Kbit/s.
- Aliverkkoon sijoitettava sovellus saattaa olla aikakriittinen. On mahdollista ettei protokollakonvertteri sovellu aiheuttamansa läiviivien vuoksi ratkaisuksi erittäin aikakriittisiin sovelluksiin, joissa ohjausarvoja annetaan taajuusmuuttajalle hyvin lyhyellä muutaman millisekunnin intervallilla. [25.]

Protokollamuunnin toimii jäsenenä sekä primary- että sub-networkissa. Laiterympäristön rakenne on havainnollistettu kuvassa 9, jossa sub-networkiin on sijoitettu kymmenen taajuusmuuttajamoduulia.



Kuva 9. HES880-laiteympäristö havainnollistettuna.

8 Protokollamuuntimen valintaan vaikuttavat ominaisuudet

Soveltuvan protokollamuuntimen tulee kyetä integroimaan HES880-taajuusmuuttaja PROFIBUS DP -kenttäväyläverkkoon siten, että taajuusmuuttaja on protokollamuuntimen kautta täysin ohjattavissa, kuten se olisi natiivissa ympäristössään CANopen-verkossa.

Laitevalmistajien verkkosivujen tuotetarjonnasta haettiin CANopen–PROFIBUS DP -muunnokseen kykenevä laitteisto. Laitteiston esikarsinta tehtiin valikoimalla jatkoon vain CANopen-master- sekä PROFIBUS DP -slave-ominaisuuksia tukevat protokollamuuntimet, sillä vain näillä ominaisuuksilla varustettuja laitteita voidaan käyttää HES880:n PROFIBUS DP -integraatiossa. Esikarsinnan jälkeen ominaisuusvertailuun otettiin taulukossa 1 esitetyt seitsemän laitevalmistajaa tuotteineen.

Taulukko 1. Vertailtavat protokollamuuntimet.

Valmistaja	Laitemalli
esd	CANopen-DP/2
SSTCOMM	GT200-DP-CO
Helmholz	DP / CAN Coupler
proconX	ESEPRO
Hilscher	NT100-DO-CO
Deutschmann	Unigate CM Profibus DP
Anybus	AB7301

Taulukkoon listatuista laitteista kerättiin valmistajien tarjoamiin manuaaleihin sekä datalehtiin pohjautuen perustiedot laitteiden yleisistä ominaisuuksista, CANopen-ominaisuuksista sekä PROFIBUS-ominaisuuksista. Kerätystä informaatiosta koostettiin Excel-tilukko (Liite 1) vertailun helpottamiseksi. On huomioitava, että vertailutietotaulukkoa ei ole kaikilta osin täysin täytetty, sillä tiedonkeruuta laitteesta ei jatkettu, mikäli laite jonkin ominaisuuden puutteen vuoksi osoittautui soveltumattomaksi aiottuun sovellukseen. Taulukossa 2 on nähtävissä tiedot, joita laitteista selvitettiin vertailua varten.

Taulukko 2. Protokollamuuntimien ominaisuuksista kerätty vertailudata.

Valmistaja	
	Valmistajan nimi
Malli	
	Laitetyyppi
Roolit master / slave	
	CANopen PROFIBUS
Liitintyytit	
	CANopen PROFIBUS
CANopen-spesifiset ominaisuudet	
	Tiedonsiirtonopeus SDO-protokollatuki, sanomatyyppi SDO- & PDO-sanomien tuettu lukumäärä yhteensä Alisteisten solmujen sallittu lukumäärä
CANopen-erikoisprotokollat	
	NMT SYNC Heartbeat EMCY
PROFIBUS DP -spesifiset ominaisuudet	
	Tiedonsiirtonopeus DPV0 tuettu, kyllä / ei DPV1 tuettu, kyllä / ei
Protokollamuuntimeen mapattavan datan määrä	
	In Out Yhteensä
Data exchange mode	
	Cyclic / Acyclic / Asynchronous
Loggaus / diagnosointi	
	Kyllä / Ei
Konfigurointitapa	
	Masterin konfigurointiohjelma (esim. ABB Automation Builder) / oma konfiguraattori
Kommentit	
	Muita mahdollisia huomioita laitteesta
Hinta	
	Jos saatavilla

HES880-taajuusmuuttajan tuotepäällikkö V. Kajanderia sekä tuoteinsinööri P. Mattilaa haastateltiin taajuusmuuttajan erilaisten käyttöympäristöjen sekä sovelluksien protokollamuuntimelle asettamien vaatimusten selvittämiseksi [25].

Protokollamuuntimien kaikkien ominaisuuksien toimintaperiaatetta sekä niiden vaikutusta laitteen soveltavuuteen HES880-taajuusmuuttajakäytön yhteyteen ei osattu kattavasti arvioida ilman laitevalmistajien konsultaatiota. Laitevalmistajille koostettiin kysely, jossa ilmoitettiin suunnitteilla oleva laiteympäristö sekä reunaehdot, jotka laiteympäristöön soveltuvan protokollamuuntimen tuli täyttää. Laitevalmistajia pyydettiin vastaamaan kyselyyn toimittamalla tiedot laitteistaan niiltä osin kuin ne täyttivät tai eivät täyttäneet annettua vaatimuslistaa. Isoimpina kysymyksinä, joihin laitteiden käyttöohjekirjoista ei löytynyt yksiselitteisiä vastauksia, nousi esiin kolme kohtaa:

- Protokollamuuntimen datapuskurin toiminta ja sen vaikutus protokollamuuntimen tukemien slave-laitteiden maksimimäärään.
- Syklisen ja asyklisen liikenteen tarve PROFIBUS DP -väylässä SDO-protokollan käyttämisen mahdollistamiseksi.
- Syklisen ja asyklisen PROFIBUS-liikenteen linkittyminen protokollamuuntimen data exchange modeen. Data exchange moden tyyppi määrittää sen, kuinka protokollamuuntimen datapuskuri päivittyy ja kuinka dataa siirtyy kenttäväyläprotokollien välillä.

8.1 Kommunikointi HES880-taajuusmuuttajan kanssa

HES880-taajuusmuuttajan kanssa vuorovaikutetaan CANopen-protokollan tarjoamien PDO- ja SDO-sanomien välityksellä. PDO-sanomilla siirretään ohjauskomentoja, oloarvoja sekä muuta prosessidataa. HES880 mahdollistaa yhteensä kuuden erillisen PDO-sanoman käyttämisen, joista kolme kappaletta on varattu vastaanotettavan datan siirtoon (RPDO) ja kolme kappaletta lähtevän datan siirtoon (TPDO). [17, s. 61.]

HES880 tukee taulukossa 3 esitettyjä PDO-sanomia. Sanomien tyypit ovat PDO1, PDO6 ja PDO21. Komento- ja statussanan oletusarvoisesti välittävän PDO1-sanoman tukeminen on pakollista kaikissa CANopen-laitteissa, mutta muiden laitteissa käytettävien

PDO-sanomien tyypit valitaan sovelluksen sekä käyttötarkoituksen mukaan. Sanomatyypit on määritelty IEC 61800-7-301 -standardissa [26, s. 25].

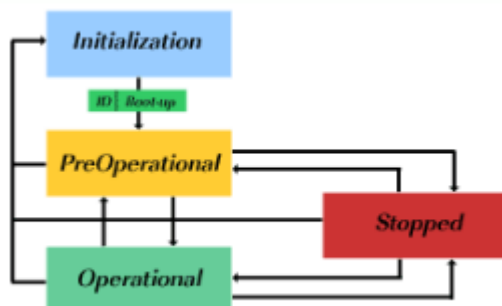
Taulukko 3. HES880:n tukemat PDO-sanomat sekä niiden IEC 61800-7-301 -standardissa määritelty sisältö.

HES880 tuetut PDO-sanomat		
RPDO1	Mandatory	Controls PDS FSA
TPDO1	Mandatory	Specifies PDS FSA status
RPDO6	Optional	Controls PDS FSA and nominal speed (vI)
TPDO6	Optional	Specifies PDS FSA status and current speed (vI)
RPDO21	Optional	Manufacturer-specific
TPDO21	Optional	Manufacturer-specific

PDO-sanomien sisällön mappaukset eivät ole HES880-taajuusmuuttajassa staattisia, joten huolimatta standardin määrittelemästä sanomasisällöstä, voidaan sanomien sisältö muokata vastaamaan käyttäjän tarvetta. PDO-sanomien sisällön mappaus jaetaan kolmeen eri luokkaan, joita ovat staattinen, vaihdettava sekä dynaaminen mappaus:

- Staattinen mappaus (Static mapping) on kiinteä, laitevalmistajan määrittämä mappaus, eikä sanoman sisältöä voi tällöin käyttäjän toimesta muuttaa.
- Vaihdettava mappaus (Variable mapping) on käyttäjän muutettavissa laitteen ollessa valmiudessa pre-operational-tilassa, mutta ei enää laitteen siirryttyä normaaliin operational-toimintatilaansa.
- Dynaaminen mappaus (Dynamic mapping) on muutettavissa sekä valmiustilassa että laitteen ollessa normaalissa toiminnassa operational-tilassa. [27.]

CANopen-laitteen erilaiset toimintatilat viittaavat NMT-protokollan tilakoneeseen (state machine). CANopen-väylässä olevat laitteet voivat olla kuvan 10 mukaisessa neljässä erillisessä toimintatilassa. Käynnistyessään tai resetistä palautuessaan laite aloittaa initialisointi-tilassa. Initialisoinnista laite siirtyy pre-operational-tilaan, josta se komennon saatuaan siirtyy normaaliin toimintaan operational-tilaan tai vaihtoehtoisesti stopped-tilaan. PDO-sanomia voidaan lähettää ainoastaan laitteen ollessa operational-tilassa huolimatta laitteen tukemasta mappausmuodosta. SDO-sanomia voidaan käyttää ja myös käytetään esimerkiksi laitteen alustukseen pre-operational-tilassa. [28.]



Kuva 10. NMT-tilakone esittää CANopen-laitteen toimintatilat ja niiden välisen riippuvuuden [28].

8.2 Protokollakonvertterin datapuskurin toimintaperiaate

Kuhunkin HES880:n PDO-sanomaan voidaan mapata joko 16-bittisiä tai 32-bittisiä muuttujia niin paljon kuin yksittäisen PDO-sanoman 64 bitin eli 8 tavun rajoitus sallii. Maksimissaan on siis mahdollista mapata yhteen PDO-sanomaan neljä erillistä 16-bittistä tai kaksi 32-bittistä muuttujaa. Käytettäessä 16-bittisiä muuttujia ja kaikkia taajuusmuuttajan tukemia PDO-sanomia yhteen suuntaan, eli ulos tai sisään suuntautuvaan liikenteeseen, voidaan PDO-sanomiin sitoa yhteensä 12 erillistä muuttujaa. Yksittäinen PDO-sanoma kuljettaa maksimissaan 8 datatavun hyötykuorman. Hyödynnettäessä yksittäisen taajuusmuuttajan tarjoamaa täyttä PDO-sanomareserviä yhteen suuntaan, on sanomiin mahdollista sitoa dataa 24 tavun verran.

SDO-sanomille on HES880:ssa varattu kaksi osoitetta. Ne on tarkoitettu kaksisuuntaiseen viestintään; toinen osoite SDO uploadille ja toinen osoite SDO downloadille. Expedited SDO-sanomaan voidaan sitoa dataa 4 tavun verran molempiin suuntiin yhtä taajuusmuuttajaa kohden. [17, s. 68.]

Dataliikenteen määrällä on merkitystä protokollamuuntimen valinnan kannalta. Protokollamuuntimen kautta kulkeva data tulee konfigurointivaiheessa mapata kiinteästi sen rajalliseen datapuskuriin, eikä laite kykene käsittelemään mappauksen ulkopuolista dataa. Käytettäville SDO- ja PDO-sanomille tulee siis tehdä varaus datapuskuriin. Protokollamuuntimen puskurin koostuu sisään tulevan liikenteen in-puskurista sekä ulos menevän liikenteen out-puskurista. Yksittäinen kuutta PDO-sanomaa ja kahta expedited SDO - sanomaa hyödyntävä HES880-moduuli varaa protokollamuuntimen in- ja out-puskureista 24+4 tavua kummastakin.

Protokollamuuntimen in- ja out-puskureihin mapattavalle datan määrälle maksimiarvon asettaa yksittäinen PROFIBUS-sanoma, jonka sallima datasisältö on enimmillään 244 tavun mittainen. Kaikkien vertailtavien protokollamuuntimien datapuskurit mahdollistavat 240–244 tavun mappauksen sekä in- että out-puskuriin, mutta mapattavan datan sallittu kokonaismäärä vaihtelee vahvasti laitekohtaisesti. Vertailuista laitteista pienimmän datapuskuriin mapattavan datan kokonaismäärä sallii esd:n CANopen-DP/2 300 tavun in- ja out-puskurien yhteismäärällä (Liite 2). Enimmillään vertailun laitteiden datapuskuriin mapattavan datan kokonaismäärä on 488 tavua STTCOMMin laitteessa. [29, s. 5.]

488 tavun kokonaismappausmäärän mahdollistavan protokollamuuntimen käyttö mahdollistaa input- ja output-puskurien kapasiteetin maksimaalisen hyödyntämisen, sillä se sallii input- ja output-puskurien nimellisen maksimin käytön. 300 tavun kokonaismappausmäärän mahdollistavan laitteen käytössä on otettava huomioon se, kuinka mapattava data jaetaan puskureiden kesken. Mikäli protokollamuuntimen input- tai output-puskuri mapataan täyteen, jää jäljelle jääneen puskurin käyttöön vain osa puskurin nimellisestä kapasiteetista, jolloin myös PDO- ja SDO-sanomia on käytettävissä vain osa datapuskurin mahdollistamasta nimellisestä maksimista. Pienen kokonaismappausmäärän sallivan protokollamuuntimen käyttö rajoittaa täten aliverkkoon kytkettävien laitteiden määrää. Taulukko 4 havainnollistaa erikokoisten datapuskureiden sanomakapasiteetin, kun sanomina käytetään 8 tavun mittaisia PDO-sanomia. Mahdollisia jäännösarvoja taulukko ei listaa.

Taulukko 4. Taulukko havainnollistaa protokollamuuntimen puskurin kapasiteetin rajoitukset.

Protokollamuuntimen datapuskurin kapasiteetti		
Valmistaja	esd	STTCOMM
Malli	CANopen-DP/2	GT200-DP-CO
Puskurin sallittu maksimi [B]		
Input	240	244
Output	240	244
Yhteensä	300	488
Puskuriin mapattu määrä [B]		
Input	240	244
Output	60	244
Yhteensä	300	488
PDO-sanomien maksimimäärä [kpl]		
RPDO	30	30
TPDO	7	30
PDO yhteensä	37	61

Kenttäväyläprotokollien viestikehyksen kokoa ei tarvitse huomioida laskettaessa sanomien tekemää varausta datapuskuriin. Ainoastaan viestin datasisällön pituudella on merkitystä. Automaatiosuunnitteluohjelmat laskevat varauksen automaattisesti laitteistoa ja sanoma-asetuksia määritettäessä.

Protokollamuunnin välittää dataa PROFIBUS DP:n puolelle joko syklisti, asyklisesti tai asynkronisesti. Toimintaperiaatetta kutsutaan data exchange modeksi, ja se riippuu valmistajan preferenssistä. Protokollamuunnin voi tukea joko yhtä tai useampaa edellä mainituista toimintatavoista. PDO- ja SDO-sanomat ovat CANopen-protokollan ominaisuuksia toimien CANopen-väylässä syklisen ja asyklisen datan välittäjinä. Protokollamuuntimen sekä PROFIBUS DP -verkon välillä CANopen-spesifiset sanomatyyppit liikkuvat aina PROFIBUS-sanomakehyksen sisällä, eivätkä siksi erikseen vaadi syklisen tai asyklisen viestinnän tukea PROFIBUSissa. PROFIBUS-sanomakehyksen käyttäytyminen riippuu yksinomaan protokollamuuntimen tukemista PROFIBUS DP -viestintäprotokollista (Liite 3).

8.3 Protokollamuuntimen suorituskyky

Yksi tärkeimpiä protokollamuuntimen soveltuvuuteen vaikuttavia kriteereitä on ylimääräinen siirtoviive, jonka se tuottaa väylän liikenteeseen protokollamuunnoksen tehdessään. Viive voi suureksi muodostuessaan määrittää sen, sopiiko laite aikakriittisiin sovelluksiin, joissa ohjaussignaalien toimitusajan täytyy olla minimaalinen.

Protokollamuuntimen yli muodostuvaan siirtoviiveeseen ei ole vain yhtä vaikuttavaa tekijää, eikä se ole kiinteä, vaan siirtoviive on täysin riippuvainen väyläkonfiguraatiosta. Valmistajat eivät tästä johtuen ilmoita viiveen suuruutta. Viiveeseen vaikuttavia seikkoja ovat kenttäväylätarvikkeita valmistavan Deutschmann Automationin mukaan seuraavat kohdat:

- protokollamuuntimen datapuskuriin sidottujen mappauksen määrä
- protokollamuuntimen datapuskuriin sidotun datan määrä
- protokollamuuntimen datapuskuriin sidottujen kommunikointiobjektitunnusten (COB-ID) määrä
- kommunikointiobjektitunnusten alle sidotun datan määrä
- protokollamuuntimen puskurin päivityssykylien välillä puskurissa muuttuneen datan määrä
- kenttäväylien tiedonsiirtonopeus. [30, s. 48.]

Muuttujien suuresta määrästä ja niiden riippumattomuudesta toisistaan johtuen tarkkaa arvoa siirtoviiveelle ei voida ilmoittaa, eikä kaavaa sen laskemiseen voida muodostaa. Deutschmann Automation on omissa testeissään havainnut protokollamuuntimen aiheuttavan 10–100 millisekunnin siirtoviiveitä, kun mittauksia suoritettiin PROFIBUS DP:n maksimaalisella 244 tavun I/O-datalla ja 488 mappauksella. Kuormituksen ollessa pienempi pienenee myös protokollamuuntimen prosessointiaika sekä siirtoviive. [30, s. 48.]

8.4 Protokollamuuntimen ominaisuusmäärittely

Ominaisuusmäärittelyn tavoitteena on luoda perusta protokollamuuntimen valinnalle. Ominaisuusmäärittely selventää, millaiset ominaisuudet on valintaa tehdessä otettava huomioon ja miksi. Lisäksi määrittelystä käy ilmi ominaisuudet, jotka ovat laitteen toimivuuden kannalta merkittävät, mutta eivät suoraan vaikuta laitteen valintaan. Määrittely on tehty 1.12.2017 pidetyn laiteympäristöä sekä valintakriteereitä koskeneen keskustelun sekä laitevalmistajien kanssa käytyjen sähköpostikeskusteluiden pohjalta. Määrittely ottaa huomioon taajuusmuuttajamoduulin todennäköisen käyttöympäristön asettamat vaatimukset protokollamuuntimen käytölle. Ominaisuusmäärittelyn kohtien numerointi ei heijasta tärkeysjärjestystä.

1. Tehtävään soveltuvan protokollamuuntimen tulee olla CANopen-master & PROFIBUS DP -slave -tyyppiä. CANopen-väylä vaatii toimiakseen masterin, tai erittäin yksinkertaisissa järjestelmissä vähintään NMT-master-ominaisuudella varustetun laitteen käynnistämään väylän toiminnot sekä hallitsemaan sitä. Laiteympäristön määrittelyn mukaisesti CANopen-väylässä ei ole protokollamuuntimen lisäksi muita laitteita kuin HES880-taajuusmuuttajamoduuleja. Taajuusmuuttaja toimii vain slave-laitteena, joten väylän hallinta on protokollamuuntimen tehtävä. [16, s. 19.]
2. Protokollamuuntimen on tuettava SDO-protokollaa, sillä sitä käytetään taajuusmuuttajan parametointiin. Parametointitarkoitukseen riittää expedited SDO -sanomatuki. SDO block transferia käyttäen voisi toteuttaa HES880-moduulin firmwaren päivittämisen CANopen-väylän yli, mutta tätä ominaisuutta ei vaadita protokollamuuntimelta sillä kyseessä on marginaalitoimenpide joka on voitava suorittaa muilla keinoin.
3. Protokollamuuntimen on tuettava variable PDO-mappingia. Tällöin protokollamuuntimen käyttäjä voi itse määrittää PDO-sanomien sisällön.
4. Protokollamuuntimen tulee kyetä tukemaan useampaa kuin yhtä sille alisteista taajuusmuuttajamoduulia ollakseen kustannustehokas. Yli kymmenen taajuusmuuttajan tuki ei ole tarpeellinen. Tuettujen laitteiden maksimimäärä riippuu tässä yhteydessä ensisijaisesti protokollamuuntimen datapuskurin ominaisuuksista, sillä se asettaa rajan käytössä olevien PDO- ja SDO-sanomien määrälle.

5. Protokollamuuntimen on tuettava SYNC-protokollaa, sillä se toimii syklisen viestinnän perustana CANopenissa.
6. Protokollamuuntimen valinnassa on otettava huomioon muuntimen tukema tiedonsiirtonopeus molemmissa kenttäväyläprotokollissa. Tiedonsiirtonopeus vaikuttaa osaltaan väylän tiedonsiirron kokonaisviiveeseen. CANopen mahdollistaa maksimissaan 1 Mbit/s nopeuden ja PROFIBUS DP 12 Mbit/s nopeuden.
7. Protokollamuuntimen data exchange mode ja muuntimen tukema PROFIBUS-sanomatyyppi (syklinen / asyklinen) eivät suoranaisesti vaikuta laitteen valintaan. Mainittujen ominaisuuksien yhdistelmät ovat erilaiset lähes jokaisella vertailun laitteella, ja niiden aiheuttama vaikutus on todennettavissa suorituskyky mittauksella.
8. EMCY-protokolla. HES880 tukee ominaisuutta, mutta sen tukea protokollamuuntimen puolelta ei HES-tiimin kanssa käydyn keskustelun perusteella tässä yhteydessä katsottu välttämättömäksi. Vertailun laitteet kuitenkin tukevat sitä.
9. Protokollamuuntimen liittimet: Standardin IEC 61158-2 mukaisesti laitteiden PROFIBUS-liitin on DSUB9-tyyppinen. CAN-liitintä ei määritellä standardeissa, ja lähes jokaisella valmistajalla on erilainen ratkaisu. HES880:n kanssa yhteeneväisellä M12-automotiveliittimellä varustettuja laitteita ei ole tarjolla. Liittimien tyyppiin ei oteta laitteen valinnassa kantaa.
10. Mahdollisuus kenttäväyläliikenteen diagnostiikkaan ja tallentamiseen on toivottava ominaisuus, mutta ei valintaa määrittävä tekijä.
11. Lämpötila- ja kosteusolosuhteet: Laitteet joutuvat sovelluksesta riippuen alttiiksi erilaisille ankarille ympäristöolosuhteille. Yksikään vertailun laitteista ei täytä IP67-luokitusta, vaan ne ovat poikkeuksetta IP20-koteloituja. Kotelointiin ei oteta laitteen valinnassa kantaa. Loppukäyttäjä suojaa protokollamuuntimen tarvittaessa.
12. Tärinä: Laitteet joutuvat sovelluksesta riippuen alttiiksi jatkuvalle tai ajoittaiselle jonka voimakkuus vaihtelee. Vertailun protokollamuuntimilla ei ole luokitusta

tärinänkeston. Tärinään ei oteta kantaa laitteen valintaa tehdessä. Loppukäyttäjä suojaa protokollamuuntimen tarvittaessa.

13. Laitteiston kiinnittäminen ja käyttöjännite: Kaikki laitteet ovat DIN-kiskokiinnitteisiä ja toimivat +24 VDC tasajännitteellä. Ei oteta kantaa laitteen valintaa tehdessä.

14. ATEX-luokitusta ei tarvitse ottaa huomioon. HES880-moduulilla ei ole ATEX-luokitusta.

Ominaisuusmäärittelyn pohjalta päädytään tulokseen, jossa protokollamuuntimien mekaanisia ominaisuuksia kohdissa 11–13 ei tarvitse erikseen ottaa huomioon laitteen valintaa tehdessä. Laitteiden mekaanisten perusominaisuuksien samankaltaisuuden takia yksikään vertailtavista laitteista ei erottunut joukosta edukseen. Tärkeiksi ja valintaa määrittäviksi ominaisuuksiksi nousivat ominaisuusmäärittelyn kohdat 1–6.

9 Vertailut protokollamuuntimet

Esikarsinnan jälkeen vertailuun jäivät laitteet seitsemältä valmistajalta, joista kolme laitetta oli ominaisuusmäärittelyn perusteella sopivia tilattavaksi testaukseen: esd, SST-COMM ja Helmholtz. Näistä kuitenkin Helmholtzin valmistama laite karsiutui alkuperäiseltä tilauskierrokselta valmistajan teknisen tuen hitaan vasteen takia.

Kaikkien vertailussa olleiden laitteiden SDO-protokollatuki on expedited SDO -tyyppiä tai jää kokonaan puuttumaan. Hintavertailu antoi tulokseksi kaikissa protokollamuuntimissa hintaluokaksi noin 500 € ± 100 € niille muuntimille, joiden hintatieto oli saatavissa. Mikäli laitteiden konfigurointi tapahtui PROFIBUSin kautta ja käyttöönottoon oli seikkaperäiset tai kuvitetut ohjeet, ne oli poikkeuksetta annettu Siemensin SIMATIC Managerin käyttöä ajatellen. (esd, STTCOMM, Helmholtz). Protokollamuunninten sanomakapasiteetti on suurin laitteita erottava tekijä, joka voidaan todeta ilman suorituskykymittauksia.

9.1 Laitteiden sanomakapasiteetti

Kappaleessa tarkastellaan ominaisuuksiensa puolesta suorituskykymittaukseen soveltuvien protokollamuuntimien kykyä tukea HES880-taajuusmuuttajamoduuleja. Mittarina vertailussa käytetään sanomakapasiteettia. Vertailu on toteutettu käyttäen pohjana tilannetta, jossa HES880:n koko sanomakapasiteetti hyödynnetään. Käytössä on tällöin syklistä dataa kolme RPDO-sanomaa ja kolme TPDO-sanomaa sekä asyklista dataa yksi expedited SDO download -sanoma ja yksi expedited SDO upload -sanoma. Sanomakapasiteetin tarve riippuu sovelluskohteesta, eikä siksi ratkaise protokollamuuntimen soveltuvuutta.

Yhden taajuusmuuttajamoduulin tekemä varaus protokollamuuntimen datapuskuriin on tällöin 56 tavua, joista 48 tavua on PDO-dataa sekä 8 tavua SDO-dataa. Protokollamuuntimen tukemien taajuusmuuttajien maksimimäärä saadaan jakamalla datapuskurin nimellinen tasan maksimi input- ja output-puskureiden kesken. Saatu lukema jaetaan yhden taajuusmuuttajan tekemällä varauksella input- tai output-puskuriin. Tulos pyöristetään alas lähimpään kokonaislukuun. Jäännösarvoa taulukossa ei ilmoiteta, mutta jokaisen protokollamuuntimen nimellisestä maksimista jää joitakin tavuja käyttämättä. Taulukko 5 havainnollistaa protokollamuuntimelle alisteisten slave-laitteiden maksimimäärän, kun käytössä on taajuusmuuttajan mahdollistama maksimimäärä sanomamappauksia.

Taulukko 5. Protokollamuuntimelle alisteisten laitteiden maksimimäärä kun sanomat jaetaan tasan input- ja output-puskurien kesken.

HES8800-moduulin varaama datamäärä protokollamuuntimelta				
	yks.	Input	Output	Input + output yhteensä
PDO1	B	8	8	16
PDO6	B	8	8	16
PDO21	B	8	8	16
Expedited SDO	B	4	4	8
PDO + SDO yhteensä	B	28	28	56
Protokollamuuntimen kapasiteetti				
Valmistaja	B	esd	Helmholz	STTCOMM
Malli	B	CANopen-DP/2	DP/CAN Coupler	GT200-DP-CO
Datapuskurin nimellinen maksimi				
Input	B	240	240	244
Output	B	240	240	244
Yhteensä	B	300	312	488
Maksimi mappausmäärä input- & output-puskureiden kesken jaettuna				
Input	B	150	156	244
Output	B	150	156	244
Protokollamuuntimen tukemien HES880-moduulien maksimimäärä				
Input / output	Kpl	5	5	8

Taulukko osoittaa kiistatta ison nimellisen kokonaismappausmaksimin tuoman edun, sillä GT200-DP-CO kykenee tukemaan kahdeksaa täyttä sanomakapasiteettia hyödynnettävää laitetta siinä, missä CANopen-DP/2 ja DP/CAN Coupler jäävät kumpikin viiteen laitteeseen rajallisen nimelliskapasiteettinsa vuoksi. Seuraavissa luvuissa on käsitelty lyhyesti laitteiden hylkäämisiin ja hyväksymisiin johtaneet syyt.

9.2 Hilscher netTAP NT100-DP-CO

NT100-DP-CO ei tue käyttäjän määrittämiä SDO-sanomia, joten sitä voidaan käyttää HES880 - PROFIBUS DP -integraatioon. Taajuusmuuttajan parametointia ei voida tällä protokollamuuntimella suorittaa.

9.3 proconX ESEPRO

ESEPRO on vertailun ainoa laite, jossa CANopen-tiedonsiirtonopeus oli rajattu 250 Kbit/s nopeuteen. Sähköpostikeskustelu laitevalmistajan kanssa vahvisti laitteen ainoastaan Woodward Easygen-tuotepiheelle rajatuksi marginaalituotteeksi. Se ei prosessoilainkaan geneeristä CANopen-dataa, eikä siksi sovellu HES880–PROFIBUS DP -integraatioon.

9.4 HMS Anybus AB7301

AB7301 ei tue käyttäjän määrittelemiä SDO-sanomia. AB7301:llä ei voida suorittaa parametointia, joten se ei sovellu HES880–PROFIBUS DP -integraatioon.

9.5 Deutschmann Unigate CM Profibus DP

Unigate CM Profibus DP:n tukeman SDO-tuen tyyppi on epäselvä. Deutschmann ei vastannut kyselyyn ja karsiutui jatkosta. Laitteen konfigurointiin oma Wingate-ohjelma.

9.6 Helmholtz DP / CAN Coupler

DP / CAN Coupler tukee expedited SDO -protokollaa, joka riittää taajuusmuuttajan parametointiin. Laiteympäristön määritelmän mukaista maksimissaan kymmenen taajuusmuuttajamoduulin tukea rajaa ainoastaan DP / CAN Couplerin datapuskurin koko, joka rajoittaa käytettävissä olevien PDO- ja SDO-sanomien määrää. Laitteen datapuskurin sallima kokonaismappausmäärä on 312 tavua dataa, ja laite kykenee tukemaan maksimissaan viittä täyttä sanomareserviään hyödyntävää HES880-taajuusmuuttajaa. Valmistajan ilmoittamana data exchange mode on tyypiltään syklinen.

Helmholtz ei vastannut ensimmäiseen tuotetukikyselyyn, ja seuraavaan kyselyyn vastaamiseen valmistajalta kului viikko. Laite on ominaisuusmäärittelyn perusteella vaatimukset täyttävä, mutta ei ehtinyt tilauskierrokselle mukaan. Sopii ominaisuuksiensa puolesta testattavaksi HES880-taajuusmuuttajan yhteydessä.

9.7 SSTCOMM GT200-DP-CO

GT200-DP-CO tukee expedited SDO -protokollaa, joka riittää taajuusmuuttajan parametointiin. Laiteympäristön määritelmän mukaista maksimissaan kymmenen taajuusmuuttajamoduulin tukea rajaa ainoastaan DP / CAN Couplerin datapuskurin koko, joka rajoittaa käytettävissä olevien PDO- ja SDO-sanomien määrää. GT200-DP-CO tarjoaa vertailun suurimman datapuskurin kokonaismappausmäärän, joka on kooltaan 488 tavua dataa. Kokonaismappausmäärä mahdollistaa laitteen 244 tavun kokoisten in- ja out-puskurien täysimittaisen hyödyntämisen. Laite kykenee tukemaan maksimissaan kahdeksaa täyttä sanomareserviä hyödyntävää HES880-taajuusmuuttajaa. Valmistajan ilmoittamana data exchange mode on tyypiltään asynkroninen.

Laite konfiguroidaan PROFIBUSin kautta käyttäen jotakin automaatio suunnitteluohjelmaa kuten ABB Automation Builderia tai Siemens SIMATIC manageria. Vaihtoehtoisesti konfigurointiin voidaan käyttää laitteen mukana toimitettavaa omaa SST-CP-CFG konfigurointiohjelmaa. GT200-DP-CO on vertailun ainoa laite, jolle valmistaja ilmoittaa protokollamuunnoksesta syntyvän keskimääräisen viiveen (8 ms). Väyläkonfiguraatiota, jolla mittaus tulos on saatu, valmistaja ei ilmoita. Tieto viiveen suuruudesta saatiin sähköpostikeskustelusta, mutta käyttöohjekirjassa asiaa ei mainita. Laite on ominaisuusmääritellyn perusteella vaatimukset täyttävä. GT200-DP-CO tilattiin suorituskyky mittauksiin.

9.8 esd CANopen-DP/2

CANopen-DP/2 tukee expedited SDO -protokollaa, joka riittää taajuusmuuttajan parametointiin. Laiteympäristön määritelmän mukaista maksimissaan kymmenen taajuusmuuttajamoduulin tukea rajaa ainoastaan DP / CAN Couplerin datapuskurin koko, joka rajoittaa käytettävissä olevien PDO- ja SDO-sanomien määrää. CANopen-DP/2 tarjoaa vertailun pienimmän datapuskurin kokonaismappausmäärän, joka on kooltaan 300 tavua dataa. Laite kykenee tukemaan maksimissaan viittä täyttä sanomareserviä hyödyntävää HES880-taajuusmuuttajaa. Valmistaja ilmoittaa laitteen käyttävän data exchange modena syklistä tapaa PDO-sanomille sekä asyklista tapaa SDO-sanomille.

CANopen-DP/2 konfiguroidaan PROFIBUSin kautta käyttäen jotakin automaatio suunnitteluohjelmaa. SIMATIC manageria käytettäessä laitteelle alisteisten slave-moduulien asetukset voidaan konfiguroida universal moduleina, mutta ABB Automation Builderia

käytettäessä slave-moduulien asetukset joudutaan määrittelemään GSD-tiedostoa muokkaamalla. Laite on ominaisuusmäärittelyn vaatimukset täyttävä. CANopen-DP/2 tullaan suorituskykymittauksiin.

10 Protokollamuuntimen testaussuunnitelma

10.1 Johdanto

Testaussuunnitelma kuvaa laitteistolle tehtävät suorituskykymittaukset, erilaiset testiskenaariot sekä tulosten analysointimenetelmät. Suunnitelmalla havainnollistetaan testausprosessin kulkua. Suorituskykymittauksia tehdessä on otettava huomioon, ettei protokollamuuntimia tulla käyttämään vain yhdessä ennalta määrättyssä kokoonpanossa, vaan niiden sovelluskohteet ovat asiakaskohtaisia.

Protokollamuuntimen suorituskykyyn vaikuttavat tekijät on mainittu tämän työn luvussa 8.3, *Protokollamuuntimen suorituskyky*. Kaikkia mahdollisia suorituskykyyn vaikuttavien muuttujien kombinaatioita ei voida testata, joten protokollamuuntimen suorituskykyä testataan kahdessa toisistaan poikkeavassa testiasetelmassa. Näin saadaan yleisluontoinen käsitys laitteen suorituskyvystä. Suorituskyvyn, eli protokollamuunnoksessa syntyvän viestien siirtoviiveen suuruusluokka määrittää protokollamuuntimen soveltuvuuden HES880 – PROFIBUS DP -integraatioon. Suorituskyvylle määritetään aluksi eri testiskenaarioiden referenssiarvot CANopen-ympäristössä, minkä jälkeen vastaavissa testiskenaarioissa suoritetaan vertailumittaukset PROFIBUS DP & CANopen -ympäristössä protokollamuuntimen kanssa.

10.2 Testauskohde ja tavoitteet

Testattava kohde on AC500-PLC:stä, protokollamuuntimesta ja HES880 HIL (Hardware In Loop) -simulaattoreista koostuva järjestelmä. HIL-simulaattorit sisältävät HES880-taajuusmuuttajan muokatun ohjauskortin ja niillä voidaan emuloida taajuusmuuttajan toimintoja. Testattava järjestelmä jaotellaan CANopen-protokollaa toteuttavaan sub-networkiin sekä PROFIBUS DP -protokollaa toteuttavaan primary networkiin. Sub-networkin laitteita ovat taajuusmuuttajasimulaattorit sekä protokollamuunnin. Primary networkin

laitteistoon kuuluvat PLC sekä protokollamuunnin. Protokollamuunnin toimii verkkoja yhdistävänä työkaluna mahdollistaen PLC:n ja taajuusmuuttajien välisen kommunikoinnin.

Mittausten tavoitteena on selvittää taajuusmuuttajan ja PLC:n väliseen sykliseen viestintään protokollamuunnoksesta aiheutuva lisäviive, joka hidastaa protokollamuuntimen kautta kulkevaa dataliikennettä. Testiskenaarioissa käytetään yhden ja viiden HES880 HIL -laitteen kuormaa protokollamuuntimen suorituskyvyn selvittämiseksi erilaisilla kuormitustasoilla.

10.3 Muut testattavat ominaisuudet

SDO-sanomien käyttö protokollamuuntimen yhteydessä tulee testata. Asyklinen viestintä ei ole aikakriittistä, eikä sille selvitetä viiveitä. Ainoastaan SDO-viestinnän toimivuus selvitetään. SDO-sanomien käyttö kullakin protokollamuuntimella testataan erillään varsinaisista suorituskykymittauksista ja raportoidaan joko toimivaksi tai toimimattomaksi. Testaaminen tapahtuu kirjoittamalla expedited SDO upload -sanomalla taajuusmuuttajaan parametrimuutos ja lukemalla muutos käyttäen expedited SDO download -sanomaa. Taajuusmuuttajan parametrimuutos todetaan myös ohjauspaneelilla tai Drive Composer -ohjelmaa käyttäen.

10.4 Rajoitteet

Kaikkia mahdollisia siirtoviiveeseen vaikuttavia osakombinaatioita ei voida testata. Testausohjelmistoa ei ole valmiina, joten tässä suunnitelmassa esitetyt asiat ovat teoreettisella pohjalla.

Taajuusmuuttajan CPU-kuormaa rajoitetaan priorisoimalla taajuusmuuttajalta ulos suuntautuvaa kenttäväyläliikennettä sanoman tärkeyden perusteella. Syklinen kenttäväyläliikenne jaotellaan cyclic high- ja cyclic low -prioriteetti- luokituksella oleviin sanomiin. Cyclic high -ryhmään kuuluvat taajuusmuuttajan ohjauskomennot sisältäen komento- ja statussanat sekä referenssit ja aktuaaliarvot. Cyclic low -luokituksen saa kaikki muu prosessidata.

Cyclic high -prioriteetin sanomat toimitetaan aina välittömästi, mutta cyclic low -prioriteetin sanomien kulkua rajoitetaan. Maksimissaan neljä 16-bittistä cyclic low -prioriteettiluokan mappauksia käsitellään kerrallaan ja toimitetaan taajuusmuuttajan ohjauskortilta kenttäväyläadapterille. Jos mappauksia on enemmän, ne odottavat seuraavaa toimitus sykliä. Sykliä välinen aika riippuu taajuusmuuttajan kenttäväyläparametrien asetuksista. Liikenteen priorisoinnista johtuen taajuusmuuttajalta palaaviin cyclic low -sanomiin muodostuu ylimääräistä viivettä, mikäli käytössä on enemmän kuin neljä kappaletta 16-bittisiä mappauksia. [31.]

10.5 Testiympäristö

Testiympäristö on ABB AC500 PLC -pohjainen. Ohjelmistona testauksessa sekä laitteiden konfiguroinnissa käytetään ABB Automation Builderia sekä siihen sisäänrakennettua CODESYSiä. Taajuusmuuttajasimulaattoreiden hallintaan ja tarkkailuun käytetään Drive Composeria. Testissä käytettävä laitteisto on listattu taulukossa 6.

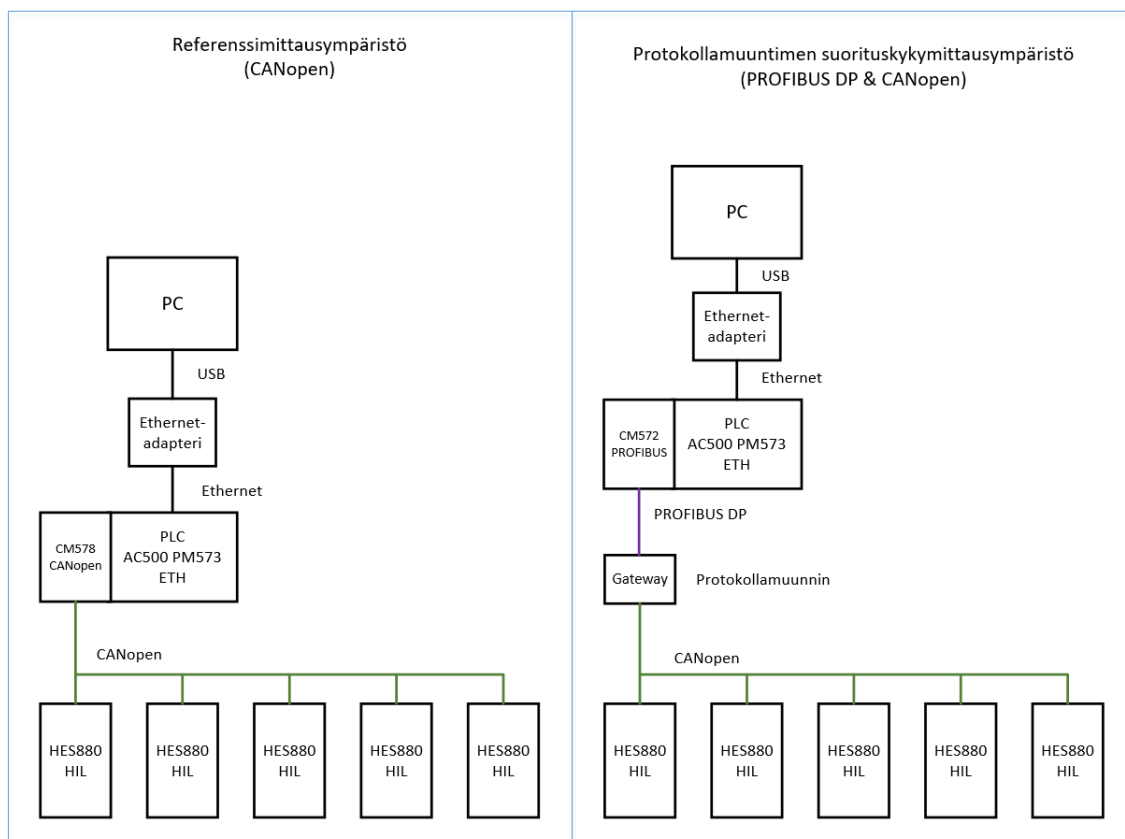
Taulukko 6. Referenssimittauksissa ja protokollamuuntimen suorituskykymittauksissa tarvittava laitteisto sekä ohjelmisto.

Laite	Malli / tyyppi	Määrä
Ohjelmitava logiikka	ABB AC500 PM573 ETH	1
CANopen-kommunikointimoduuli	ABB CM578-CN	1
CAN-kaapeli	M12 4-pin - avoin pää	1
120 Ω päätevastus CAN-kaapeliin	Lankavastus combicon-liittimeen	1
PROFIBUS DP -kommunikointimoduuli	CM572	1
PROFIBUS-kaapeli	DSUBM9 - DSUBM9	1
HES880-taajuusmuuttajasimulaattori	HIL	5
CAN-kaapeli	M12 4-pin female - 4 pin male	4
CAN-päätevastus	M12 4-pin female	1
Ohjauspaneeli	ACS-AP-W	5
Ohjauspaneelikaapeli M12	M12 - verkkoliitin	5
USB-kaapeli	USB Type A - USB Mini-B	1
Tietokone	n/a	1
USB-Ethernet-adapteri	n/a	1
Ethernet-kaapeli	RJ45 - RJ45	1
Ohjelmisto	versio	
Automation Builder & CODESYS	1.2 tai uudempi	n/a
Drive Composer	2.1	n/a
Tarvikkeet		
Virtalähde	24 VDC 5 A	1
Riviliitin & sähköjohtoa HES880 HIL -laitteita varten		n/a

10.5.1 Syklisen viestinnän viiveen testimenetelmä

Suorituskykyyn mittaamiseen käytetään CODESYS-ohjelmaa, joka luo syklistä edestakaista liikennettä taajuusmuuttajan ja PLC:n välille käyttäen PDO-sanomia. Ohjelma mittaa kokonaisviivettä cyclic low -luokituksellisen PDO-sanoman lähtöhetkestä siihen, että sama arvo saadaan luettua. Ohjelma tallentaa saadut tulokset taulukkoon jokaisella

ohjelmakerroksella. Referenssitulosten saamiseksi aikaviive mitataan CANopen-ympäristössä, jonka jälkeen suoritetaan vertailumittaus protokollamuuntimelle PROFIBUS DP & CANopen -ympäristössä. Protokollamuuntimen suorituskykymittaus sekä referenssimittaukset suoritetaan kahdessa toisistaan poikkeavassa järjestelmäkoonpanossa, joissa kummassakin testataan lisäksi skenaariot eri CANopen-tiedonsiirtonopeuksilla sekä kommunikointiprofiileilla. Testijärjestelmien esimerkkirakenteet on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Testijärjestelmien rakennetta havainnollistava malli.

Mittaukset suoritetaan kahdella erilaisella kuormitustasolla, jotka muodostetaan käyttämällä yhtä HES880 HIL -taajuusmuuttajasimulaattoria sekä viittä HES880 HIL -taajuusmuuttajasimulaattoria. Tämä vaikuttaa protokollamuuntimeen mapattujen PDO-sanomien määrään ja siten protokollamuuntimen kuormitustasoon. Kumpaankin kuormitustasoon sisällytetään skenaariot erilaisilla CANopen-tiedonsiirtonopeuksilla sekä CANopen-kommunikointiprofiileilla. [32.]

Ohjelma käyttää taajuusmuuttajan data storage -parametriyhmää kuormituksen luomiseen sekä siirtoviiveen määrittämiseen kirjoittaen parametriyhmän muistipaikkoihin dataa sekä lukien niistä dataa. Parametriyhmässä on kahdeksan Int 16 -tyypin muistipaikkaa, joita kirjoitukseen ja lukuun käytetään. Muistipaikkoihin kirjoitetaan jokaisella ohjelmakierroksella kasvavaa kokonaislukuarvoa, ja lisäksi muistipaikan arvo myös luetaan jokaisella ohjelmakierroksella. Ohjelma mittaa aikaa, joka kuluu siihen että muistipaikasta on sama arvo luettavissa kuin sinne aiemmin kirjoitettiin. Data storage -ryhmään kirjoitetut sanomat ovat matalan prioriteetin sanomia, joten osaan niistä muodostuu siirtoviivettä taajuusmuuttajan aiheuttamana. Tämä viive ei kuitenkaan vääristä mittausten suorittamista, sillä se on näkyvässä sekä referenssimittauksessa että protokollamuuntimen suorituskykymittauksessa. Mittauksissa kiinnostava tekijä on kokonaisviive.

Int 16 -muistipaikkoihin kirjoittaminen ja niistä lukeminen varaa kaksi TPDO- sekä kaksi RPDO-sanomaa. Taajuusmuuttajan sanomakapasiteetin jäljellä oleva PDO-sanoma käytetään kuorman luomiseen korkean prioriteetin sanomia sekä sanoman täyttämiseksi yhtä Int 32 -muistipaikkaa data storage -parametriyhmästä 16-bittiseksi mapattuna. Korkean prioriteetin sanomiin kuuluvat komentosana (CW), status-sana (SW), referenssit Ref1 ja Ref2 sekä aktuaaliarvot Act1 ja Act2. Aktuaaliarvoista ei ole luettavissa varsinaista dataa, sillä taajuusmuuttajasimulaattorilla ei ajeta sähkömoottoria.

Taulukossa 7 kuvataan testissä käytettäviin taajuusmuuttajasimulaattoreihin tehtävät PDO-sanomamappaukset. Taulukossa esitettävät mappaukset mahdollistavat protokollamuuntimen suurimman mahdollisen PDO-sanomakuormituksen käyttämällä mahdollisimman montaa erillistä 16-bittistä mappausta yhden PDO-sanoman sisällä.

Taulukko 7. Taajuusmuuttajasimulaattoreissa testissä käytettävät PDO-mappaukset.

		Receive PDO	Transmit PDO	Param.	Priority
PDO1	word 1	CW	SW	-	Cyclic High
	word 2	Ref1	Act1	-	Cyclic High
	word 3	Ref2	Act2	-	Cyclic High
	word 4	Data storage 1 Int 32	Data storage 1 Int 32	47.11	Cyclic Low
PDO6	word 1	Data storage 1 Int 16	Data storage 1 Int 16	47.21	Cyclic Low
	word 2	Data storage 2 Int 16	Data storage 2 Int 16	47.22	Cyclic Low
	word 3	Data storage 3 Int 16	Data storage 3 Int 16	47.23	Cyclic Low
	word 4	Data storage 4 Int 16	Data storage 4 Int 16	47.24	Cyclic Low
PDO21	word 1	Data storage 5 Int 16	Data storage 5 Int 16	47.25	Cyclic Low
	word 2	Data storage 6 Int 16	Data storage 6 Int 16	47.26	Cyclic Low
	word 3	Data storage 7 Int 16	Data storage 7 Int 16	47.27	Cyclic Low
	word 4	Data storage 8 Int 16	Data storage 8 Int 16	47.28	Cyclic Low

Mittaukset tehdään käyttäen kahta erillistä CANopen-kommunikointiprofiilia, jotka ovat ABB DRIVES ja CiA 402. Kumpaakin kommunikointiprofiilia käyttäen sisällytetään testeihin skenaariot eri tiedonsiirtonopeuksia CANopen-väylässä käyttäen. PROFIBUS DP -väylän tiedonsiirtonopeus on muuttumaton testien aikana. [32.]

PDO-sanomien kirjoitus- ja lukutaajuus ohjelmassa sovitetaan sellaiseksi, että protokollamuuntimen soveltuvuus sekä erittäin aikakriittisiin sovelluksiin sekä tavanomaisempiin sovelluksiin on mahdollista testata. Riittävän otannan takaamiseksi kutakin testiskenaariota ajetaan siten, että siirtoviiveen vaihtelu tasaantuu ja viiveelle voidaan määrittää selkeä suuruusluokka.

Data storage -parametriryhmän muistipaikkojen lukemiseen ja kirjoittamiseen käytettävät PDO-sanomat tulee asettaa taajuusmuuttajan kenttäväyläparametriasetuksista läheystyyppin 1 sanomiksi, jolloin ne päivittyvät toimitettaviksi välittömästi jokaisella CANopen-väylän synkronointisignaalin kierroksella.

10.5.2 Kuormitus yhdellä taajuusmuuttajasimulaattorilla

Testijärjestelmässä käytetään referenssimittauksissa sekä protokollamuuntimen suorituskykymittauksissa yhtä HES880 HIL -taajuusmuuttajasimulaattoria, johon on tehty taulukon 7 mukaiset PDO-sanomamappaukset. Mittaukset koostuvat erilaisista testiskenaarioista, joissa muuttuvina tekijöinä ovat CANopen-väylän tiedonsiirtonopeus sekä kommunikointiprofiili. Skenaariot ovat yhteneväiset referenssimittausten sekä

protokollamuuntimen suorituskykymittausten aikana. PROFIBUS DP -väylän tiedonsiirtonopeus on muuttumaton, eikä sitä oteta huomioon referenssimittausten yhteydessä. Testiskenaariot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Testiskenaariot referenssimittauksille sekä protokollamuuntimen suorituskykymittauksille.

Protokollamuuntimen suorituskykymittaukset			
Testiskenaario	Kommunikointiprofiili	Tiedonsiirtonopeus CANopen [Kbit/s]	Tiedonsiirtonopeus PROFIBUS DP [Kbit/s]
1	CiA 402	250	12000
2	CiA 402	500	12000
3	CiA 402	1000	12000
4	ABB DRIVES	250	12000
5	ABB DRIVES	500	12000
6	ABB DRIVES	1000	12000

10.5.3 Kuormitus viidellä taajuusmuuttajasimulaattorilla

Testijärjestelmässä käytetään referenssimittauksissa sekä protokollamuuntimen suorituskykymittauksissa viittä HES880 HIL -taajuusmuuttajasimulaattoria, joihin on tehty taulukon 6 mukaiset PDO-sanomamappaukset. Mittaukset koostuvat erilaisista testiskenaarioista, joissa muuttuvina tekijöinä ovat CANopen-väylän tiedonsiirtonopeus sekä kommunikointiprofiili. Skenaariot ovat yhteneväiset referenssimittausten sekä protokollamuuntimen suorituskykymittausten aikana. PROFIBUS DP -väylän tiedonsiirtonopeus on muuttumaton, eikä sitä oteta huomioon referenssimittausten yhteydessä. Testiskenaariot ovat identtiset yhdellä HES880 HIL -moduulilla tehtävien mittausten kanssa ja ovat esitetty taulukossa 8.

10.6 Testidatan tallennus ja analysointi

PDO-sanomien mitattu viive tallennetaan jokaisella ohjelmakierroksella taulukkoon josta se on siirrettävissä CSV (Comma Separated Value) -muotoiseksi dataksi. CSV-data analysoidaan taulukoituna käyttäen Microsoft Exceliä. Tuloksista lasketaan kullekin testiskenaariolle siirtoviiveen minimi- ja maksimiarvo, liukuva keskiarvo, keskihajonta sekä 95 %:n luottamusväli.

10.7 Hyväksymiskriteerit

Protokollamuuntimen suorituskykykriteerit eivät ole universaalit vaan määräytyvät ta-pauskohtaisesti. Sallittavan syklisen viestinnän siirtoviiveen suuruus riippuu taajuusmuuttajan sovelluskohteesta. Suorituskykymittausten ja tulosten analysoinnin valmistutua selviää millaisiin sovelluskohteisiin protokollamuuntimet sopivat.

SDO-sanomien käytön tulee toimia. Mikäli parametrimuutosta ei saada SDO-sanomaa käyttäen tehtyä tai luettua, johtaa se protokollamuuntimen hylkäämiseen.

11 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tuottaa esiselvitys protokollamuuntimen valitsemiseksi HES880-taajuusmuuttajan ja PROFIBUS DP:n yhteydessä käytettäväksi sekä testaussuunnitelma esiselvityksen perusteella valittujen laitteiden testaamiseksi. Työssä määritettiin laite- ja käyttöympäristön asettamat valintakriteerit HES880-taajuusmuuttajan yhteydessä käytettävälle protokollamuuntimelle sekä tutustuttiin protokollamuuntimien toimintaperiaatteeseen. Työssä selvitettiin myös ne protokollamuunninten ominaisuudet, jotka asettavat mahdollisia rajoitteita protokollamuuntimen käytölle taajuusmuuttajan yhteydessä ja ovat siten laitteen valintaa ohjaavia tekijöitä.

Valintakriteerit protokollamuuntimille saatiin määritettyä ja testaussuunnitelma laadittua. Kriteerien perusteella testattavaksi tilattiin kaksi laitetta, ja ominaisuuksiensa perusteella myös kolmas laite olisi mahdollista ottaa testeihin. Työn suorittamista vaikeutti se, että valmistajilla ei ole standardoitua tapaa ilmoittaa tuotteidensa ominaisuuksia tai samasta ominaisuudesta oli eri valmistajien kesken käytetty erilaisia nimiä. Protokollamuunninten ominaisuuksissa oli myös suuria eroavuuksia, eikä vertailussa löytynyt yhtäkään ominaisuuksiltaan identtistä laitetta, vaikka kaikki protokollamuuntimet ovat pohjimmiltaan suunniteltu saman tehtävän suorittamiseen. Suurimmat erot ilmenivät protokollamuunninten datapuskurin sanomakapasiteetin koossa, protokollamuuntimen tiedonsiirtotavassa (data exchange mode) PROFIBUS DP:n kanssa, joka saattoi olla syklistä, asyklistä tai asynkronista sekä SDO-sanomien tuettuudessa.

Käyttäjän määrittelemien SDO-sanomien tuen puuttuminen protokollamuuntimelta on suoraan karsiva tekijä, protokollamuuntimien sanomakapasiteetti voi joissakin

yhteyksissä olla karsiva tekijä ja data exchange modella on mahdollisesti vaikutusta syklisten viestinnän viiveeseen, mutta se voidaan todentaa vain suorituskykymittauksella. Laitteiden käyttöohjekirjojen kattavuudessa oli eroavuuksia. Osan selvitystyöstä joutui tekemään käymällä sähköpostikeskustelua valmistajien teknisen tuen edustajien kanssa. Tuen vastausalttiudessa oli eroja sekä vastausten laajuuden että nopeuden suhteen.

Kaikkien sellaisten protokollamuunninten, joille ei ole omaa konfigurointiohjelmaa, käyttöohjekirjoissa oli ohjeet konfigurointiin Siemens SIMATIC manageria käyttäen. ABB:n Automation Builder ei tue kaikkia samoja ominaisuuksia kuin SIMATIC manager. Esimerkiksi esd:n valmistaman CANopen-DP/2-protokollamuuntimen yhteyteen saa lisättyä slave-laitteita Automation Builderia käyttäen ainoastaan laitteen GSD-tiedostoa muokkaamalla. Lisäksi slave-laitteiden perusominaisuuksien sekä sanomamäärityksen joutuu tekemään GSD-tiedostoa muokkaamalla. Siemensin ympäristössä vastaavat määrityksen tehdään SIMATICiin aukeavassa universal module -ikkunan alaspäinvalikoissa.

Työssä laadittu testisuunnitelma on teoreettisella tasolla. Vastaavasta tutkimuksesta ei tullut vastaan ennakkotapausta. Testausohjelmiston suunnittelun pohjana käytettiin erästä kestoesteissä käytettävää task-pohjaista cyclic low -prioriteetin sanomien testiohjelmaa. Ohjelma vaatii kuitenkin jatkokehittämistä ja räätälöimisen useamman taajuusmuuttajasimulaattorin kuorman testaukseen, jotta sitä voidaan luotettavasti soveltaa syklisten viestinnän viiveen mittaamisen lisäksi protokollamuuntimen kuormittamiseen useamman taajuusmuuttajasimulaattorin kuormalla. Loppulausetta protokollamuunninten sopimisesta taajuusmuuttajan yhteyteen ei voida vielä antaa. Teoreettiset valmiudet protokollamuuntimen valintaan sekä testisuunnitelma protokollamuuntimen suorituskykytestien suorittamiseen ovat kuitenkin tämän insinööriyön tuloksena olemassa.

Lähteet

- 1 HES880 DRIVE MODULES, Mobile drive solution for mining and marine. Revisio D. ABB Oy, 2017.
- 2 Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. 2017. Verkkodokumentti. ABB Oy. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>>. Luettu 8.4.2018.
- 3 ABB Suomessa. 2017. Verkkodokumentti. ABB Oy. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>>. Luettu 8.4.2018.
- 4 Why AC motor needs a Frequency Converter? 2015. Verkkodokumentti. Frequency Inverters. <<http://www.frequencyinverters.org/why-ac-motor-needs-a-frequency-converter-780723.html>>. Luettu 20.9.2017.
- 5 Chapter 1, Introduction to Fieldbus Systems. Verkkodokumentti. <<http://people.cs.pitt.edu/~mhanna/Master/Introduction.pdf>>. luettu 29.9.2017.
- 6 The 7 Layers of the OSI Model. 1999. Verkkodokumentti. Beal, Vangie. Webopedia. <https://www.webopedia.com/quick_ref/OSI_Layers.asp>. Päivitetty 5.3.2016. Luettu 12.2.2018.
- 7 Industrial Ethernet Glass Fiber-Optic Cables. 1996–2018. Verkkodokumentti. Siemens AG. <<http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/pro-fibus/cabling-technology/glass-fiber-optic-cable/pages/glass-fiber-optic-cable.aspx>>. Luettu 12.3.2018.
- 8 Quick reference for RS485, RS422, RS232 and RS423. Verkkodokumentti. Smith, Ron. RESmith Inc. <<http://www.rs485.com/rs485spec.html>>. Luettu 12.2.2018.
- 9 Technical Reference, Introduction to PROFIBUS DP. 2002. Verkkodokumentti. Acromag Inc. <https://www.acromag.com/sites/default/files/Acromag_Intro_Pro-fibusDP_698A.pdf>. Luettu 26.10.2017.
- 10 What is PROFIBUS?. 2017. Verkkodokumentti. Nova Smar S/A. <<http://www.smar.com/en/profibus>>. Luettu 19.10.2017.
- 11 Comprehensive Protocol Overview. 2017. Verkkodokumentti. Real Time Automation. <<https://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/>>. Luettu 20.10.2017.

- 12 CANopen – The standardized embedded network. 1992–2018. Verkkodokumentti. CAN in automation. <<https://www.can-cia.org/canopen/>>. Luettu 17.10.2017.
- 13 The Basics of CANopen. 2013. Verkkodokumentti. National Instruments Corporation. <<http://www.ni.com/white-paper/14162/en/>>. Luettu 16.10.2017.
- 14 CANopen perusteet. 2006. Verkkodokumentti. Saha, Heikki. Sandvik Tamrock Oy. <<http://docplayer.fi/16252849-Canopen-perusteet-heikki-saha-sandvik-tamrock-oy-terminologiaa-heikki-saha-sandvik-com.html>>. Luettu 18.10.2017.
- 15 CANopen Object Dictionary. 2017. Verkkodokumentti. National Instruments Corporation. <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/373254C-01/canopenhelp/canopen_object_dictionary/>. Luettu 17.10.2017.
- 16 CiA 301: CANopen application layer and communication profile. Versio 4.2.0. 2011. CAN in Automation (CiA) e. V.
- 17 ABB industrial drives, User's manual – CAN interface for HES880 converters. Revisio A. 2015. ABB Oy.
- 18 CANopen Basics – Process Data Exchange. 2004–2016. Verkkodokumentti. IXXAT. <http://www.canopensolutions.com/english/about_canopen/pdo.shtml>. Luettu 27.11.2017.
- 19 CANopen-DP/2 – PROFIBUS-DP / CANopen-Gateway, Software Manual. Revisio 1.0. esd electronic system design gmbh.
- 20 Service data object (SDO). 1992–2018. Verkkodokumentti. CAN in Automation. <<https://www.can-cia.org/can-knowledge/canopen/sdo-protocol/>>. Luettu 26.10.2017.
- 21 Special function protocols. 1992–2018. Verkkodokumentti. CAN in Automation. <<https://www.can-cia.org/can-knowledge/canopen/special-function-protocols/>>. Luettu 7.12.2017
- 22 Node Monitoring via Node-Guarding or Heartbeat Messages. 2004–2016. Verkkodokumentti. IXXAT. <http://www.canopensolutions.com/english/about_canopen/guarding_heartbeat.shtml>. Luettu 7.12.2017.
- 23 Mikä on protokolla?. 2008. Verkkodokumentti. Piikkilä, Veijo. Ensto. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228110247982/1228331974283/1228341033745/1228341061202.html>>. Luettu 12.12.2017.
- 24 Gateway CANopen® to PROFIBUS-DP® Slave. Verkkodokumentti. esd electronics gmbh. <<https://esd.eu/en/products/canopen-dp2>>. Luettu 5.3.2018.

- 25 Kajander, Ve. Tuotepäällikkö & Mattila, P. Tuoteinsinööri. ABB Oy. Keskustelu laiteympäristöstä sekä valintakriteereistä. 1.12.2017.
- 26 Adjustable speed electrical power drive systems – IEC 61800-7-301: Generic interface and use of profiles for power drive systems – Mapping of profile type 1 to network technologies. Edition 2.0. 2015. IEC – International Standard.
- 27 Process data object (PDO). 1992–2018. Verkkodokumentti. CAN in Automation. <<https://www.can-cia.org/can-knowledge/canopen/pdo-protocol/>>. Luettu 15.1.2018.
- 28 Network Management (NMT). 1992–2018. Verkkodokumentti. CAN in Automation. <Can-cia.org/network-management>. Luettu 15.1.2018.
- 29 CANopen / PROFIBUS DP Gateway, GT200-DP-CO User Manual. Rev 5.1. SSTCOMM, SST Automation.
- 30 Instruction Manual, Universal Fieldbus-Gateway, UNIGATE® CM – PROFIBUS DP. Rev 1.6. Deutschmann Automation GmbH & Co. KG
- 31 Saastamoinen, Jyrki. Suunnitteluinsinööri. ABB Oy. Sähköpostikeskustelu 9.3.2018.
- 32 Kajander, V. Tuotepäällikkö & Mattila, P. Tuoteinsinööri. ABB Oy. Keskustelu testijärjestelyistä 14.12.2017.

Protokollamuuntimien ominaisuuksien vertailutaulukko

Valmistaja	esd	SSTCOMM	Helmholz	proconX	Hilscher	Deutschmann	Anybus
Malli	CANopen-DP/2	GT200-DP-CO	DP/CAN Coupler	ESEPRO	NT100-DO-CO	Unigate CM Profibus DP	AB7301
Roolit							
PROFIBUS	Slave	Slave	Slave	Slave	Slave	Slave	Slave
Canopen	Master	Master	Master	Master	Master	Master	Master
Liitännät							
CANopen	DSUBM9	5-pin connector	screw terminal	DSUBM9	DSUBM9	4-pin plug	DSUBM9
Profibus	DSUBF9	DSUBF9	DSUBF9	DSUBF9	DSUBF9	DSUBF9	DSUBF9
CANopen ominaisuudet							
Siirtonopeus	... 1 Mbits	... 1 Mbits	... 1 Mbits	250 kbits	... 1 Mbits	... 1 Mbits	... 1 Mbits
PDO mapping	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
SDO	Kyllä	Expedited only	Expedited only	n/a	Ei SDO-tukea	n/a	Ei
Elementtejä uploadSDO +downloadSDO +TPDO+RPDO	rajoitteena data:	84 kpl max	84 kpl max	n/a	512	32	128
Slaveja	Rajoitteena data:	tarpeeksi	15	64	125	?	126
Protokollat							
NMT	x	x	x		x		
SYNC	x	x	x		x		
Heartbeat	x	x	x		x		
EMCY		Ei	x		x consumer		
PROFIBUS Ominaisuudet							
Siirtonopeus	... 12 Mbits	... 12 Mbits	... 12 Mbits	... 12 Mbits	... 12 Mbits	... 12 Mbits	... 12 Mbits
DPV0	Kyllä	Kyllä	Kyllä		Kyllä		
DPV1	Kyllä	Ei	Ei		Ei		
Data bytes							
In	240	244	240	?	244	244	244
Out	240	244	240	?	244	244	244
Total	300	488	312	?	n/a	?	328
Gateway							
Data exchange	Cyclic & Acyclic	"Asynchronous"	Cyclic		Cyclic	Acyclic	Cyclic
Loggaus / Diagno:	Ei	Input buffer log debug-tilassa	Ei				
Configuration	Via Profibus	USB (SST-CP-CFG) + Via Profibus	Via Profibus	ethernet	mini-USB	RS-232, Wingate	USB-CAN adapter
Kommentit							
	Erittäin palveluaitis tekninen supportti. The number of CANopen devices is not limited by the module	Konfigurointi profibusin kautta tai rajallisesti konfigurointisoftan (SST-CP-CFG) kautta. Fast download SDO:t ovat expedited SDO:ta (4 data bytes) ~8 ms (e-mail - tieto)	Expedited PDOs only (4 data bytes) More than 4 bytes upon request? Kysytty maililla. Ei vastausta.	Ei geneeriselle CANopen-datalle	Ei SDO-tukea	Ei vastannut kyselyyn	Ei parametointia SDO:lla. Vain initialisointi, ei user dataa
Processing time	n/a						
Hinta	~500 €	~600 €					

Sähköpostikeskustelu esd:n teknisen tuen kanssa

to 14.12.2017 19:37

esd - Support <support@esd.eu>

AW: Protocol converter needed for CANopen - ProfibusDP conversion

To

Cc

Dear

you are right, it does not add up to 480 bytes. It is possible to configure max. 300 bytes for both directions but only 240 for one of the two directions.

This means if you configure 240 output bytes, there are max. 60 bytes left for the input.

For further questions, please don't hesitate to contact us again.

Kind Regards,

**Visit us at the
embedded world 2018
Hall 2 - Booth 410
in Nuremberg from the 27th of February to the 1st of March 2018**

Dipl.-Phys.
Technical Support

esd electronics gmbh
Vahrenwalder Str. 207 - 30165 Hannover - GERMANY
Phone:
Email: support@esd.eu
Please visit our homepage <http://www.esd.eu>
Quality Products - Made in Germany

Managing Director: Klaus Detering, Norbert Gemmeke
District Court Hannover HRB 51373 - VAT-ID DE 115672832

Sähköpostikeskustelu esd:n teknisen tuen kanssa. Sähköpostiviestissä selviää esd CANopen-DP/2 -protokollamuuntimen datakapasiteetti. Tietoa ei löydy laitteen käyttöohjekirjasta. Osapuolien nimet sensuroitu.

Sähköpostikeskustelu Helmholtzin teknisen tuen kanssa

Hello Mr. N. N.,

Generally the DP/CAN coupler CANopen master was developed for easily applications and need configured CANopen devices. Therefore is could be that this product is not suitable for your application. For this applications we have developed the PN/CAN Gateway CANopen for ProfiNet to CANopen applications (as a CANopen master) or the CAN 300 PRO as a S7 300 backplane bus module with CANopen master and layer 2 functionalities.

If a ProfiNet controller is available in your PLC system, I can recommend the PN/CAN Gateway for your application.

Anyway, you will find my detailed answers to your questions as remarks in your email bellow.

Chapter 5.1, page 19:

Your CANopen Layer 2 -manual suggests that data exchange between CANopen and Profibus networks on your gateway work in cyclic mode. There is no mention on acyclic mode yet you support SDO-protocol. Is your gateway both DPV0 and DPV1 capable?

This product uses only DPV0. The common SDO-protocol data will be exchanged cyclically and to send a new request or getting a new answer, the corresponding bit in the data area will be set. Only on the CAN bus this communication is acyclically.

Mit freundlichen Grüßen
Best regards

N. N.
Software Development

Helmholz GmbH & Co. KG
Hannberger Weg 2
91091 Großenseebach
Germany

19.12.2017 käyty sähköpostikeskustelu Helmholtzin teknisen tuen kanssa. Keskustelu vahvistaa sen, ettei protokollamuuntimen kyky tukea syklistä ja asyklistä CANopen-viestintää riipu protokollamuuntimen data exchange modesta tai PROFIBUS DP:n tuke-
masta viestintämuodosta. Osapuolien nimet sensuroitu.