

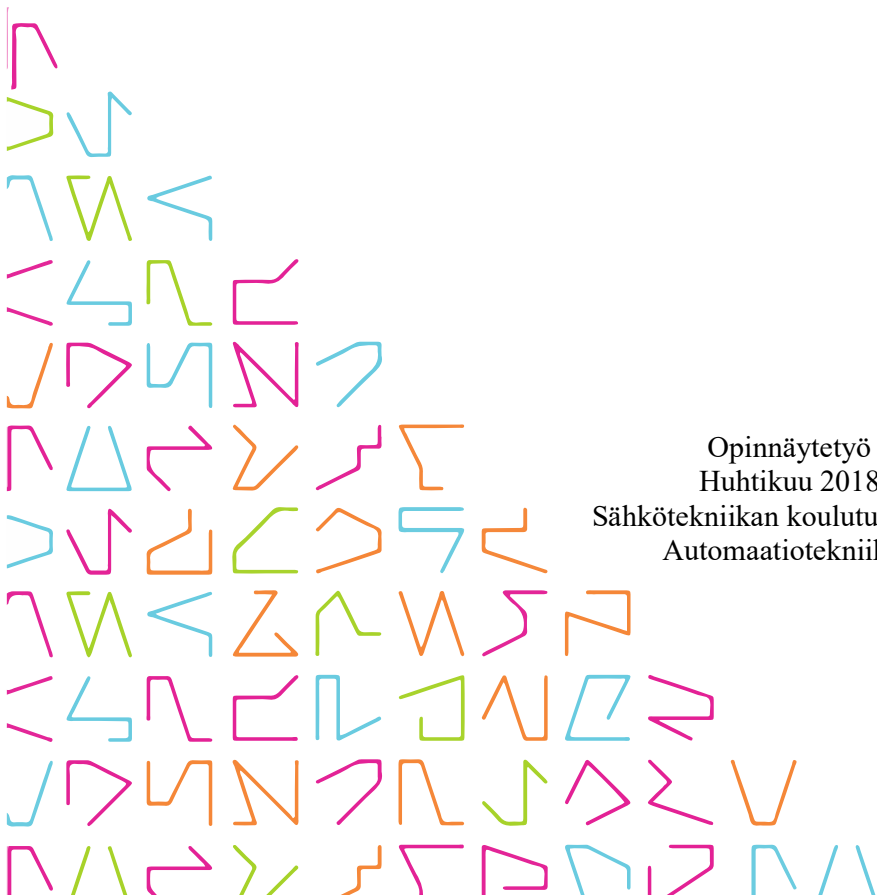


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ASIAKKAAN KOMMUNIKOINTIRAJAPINTA VOIMALAITOKSEN AUTOMAATIOJÄRJES- TELMIIN

Rami Tanhai 14I230

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

TANHAI, RAMI:
Asiakkaan kommunikointirajapinta voimalaitoksen järjestelmiin

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua automaatiolaitteiden kommunikointirajapinnan eri osiin voimalaitoksissa. Tässä työssä käsitellään kommunikointirajapinnan luomista yrityksen asiakaskohteissa usein esiintyvillä laitteilla, jotka ovat ABB:n COM600-yksikkö, rajapinta PLC tai OPC-yhteys. Aiheena oli myös selvittää näiden toteutustapojen hyödyt ja haitat. Työn aikana tuli luoda käyttöönotto-opas, joka sisältää kommunikointirajapintalaitteiston käyttöönoton sekä toiminnan mahdollisissa ongelmatilanteissa. Käyttöönotto-opas menee yrityksen käyttöön ja jää opinnäytetyön arvioinnin ulkopuolelle.

Kommunikointirajapinnan eri toteutustapoja suunniteltiin yrityksen asiakaskohteeseen. Kohteessa päädyttiin käyttämään COM600-yksikköä ja sen SAB600-konfigurointiohjelmaa. COM600-yksikkö sijoitettiin osaksi voimalaitoksen kommunikointijärjestelmää. COM600-yksikköä käytettiin ABB:n REG615-suojareleiden signaalien välittämiseen automaatiojärjestelmään. Signaalien kommunikointiprotokolla muunnettiin COM600-yksikössä. Työn aikana kerätystä materiaalista koottiin lopuksi käyttöönotto-opas kommunikointirajapinnan luomiseen. Tähän käyttöönotto-oppaaseen on viitattu työn aikana, mutta sitä ei ole liitetty kokonaisuudessaan salassapitovelvoitteen takia.

Lopputuloksena saatiin selville kommunikointirajapinnan eri toteutustapojen erot ja käytötarkoitukset. Tämän lisäksi saatiin käytännön kokemusta COM600-yksikön toiminnasta osana voimalaitoksen automaatiojärjestelmää. REG615-suojareleiden signaaleita luettiin ja siirrettiin valvomotietokoneelle COM600-yksikön kautta onnistuneesti. Automaation kommunikointirajapinnan laitteet ovat tulleet työn aikana kirjoittajalle tutuksi ja valmiudet älykkäiden automaatiolaitteiden käyttöönottoon ovat kehittynyt huomattavasti. Käyttöönotto-oppaasta saatiin kattava opas, josta on apua yritykselle sen tulevisissa asiakasprojekteissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Technology

TANHAI, RAMI:

Communication Interface Between the Client and the Power Plant

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 2 pages

April 2018

The purpose of this Thesis was to research the communication interface of automation devices used within power plants. One of the main subjects of this thesis was different devices used at the company's projects. These devices are ABB's COM600-unit, a programmable logic or an OPC Server/Client -software. One of the objectives of this Thesis was to research the benefits and liabilities of these devices. The second objective was to create a guide on how to configure the communication interface with these devices. This configuration guide includes the basic steps on dealing with common problems. The configuration guide is made for company use and is not included in the Thesis.

During the making of this Thesis, several different communication interface solutions were considered for a customer's power plant project. In the end COM600-unit and its configuration software, the SAB600 were selected. The COM600-unit was used to transmit and convert signals from REG615 protection relays to the power plants SCADA system.

The material collected from these assignments was used as a basis for the configuration guide. The configuration guide itself is company property and is only used as source material. The final document includes the main differences of all the used communication interface solutions. The COM600-unit was successfully incorporated into a power plants automation system and the signals from REG615 relays could be read from the power plants SCADA system.

The author's ability to deal with intelligent automation devices has increased enormously. The resulting configuration guide has extensive insight into devices used in communication interfaces and is a great tool in future projects.

Key words: automation, communication, configuration, protocol, COM600

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Seilo Consulting.....	6
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	7
2	KOMMUNIKOINTIRAJAPINTA AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ.....	8
2.1	Voimalaitoksen automaatiojärjestelmät	8
2.2	Asiakkaan automaatiojärjestelmät	9
3	TIETOVERKKOJEN TYYPIT	11
4	TIETOTURVA	12
5	KOMMUNIKOINTIPROTOKOLLAT JA STANDARDIT	13
5.1	TCP/IP.....	15
5.2	OPC UA	16
5.3	IEC 60870-5-101	17
5.4	IEC 60870-5-104	18
5.5	IEC 61850.....	19
5.6	Modbus TCP/IP	20
5.7	DNP3.....	21
6	KOMMUNIKOINTIRAJAPINNAN LAITTEISTO	22
6.1	COM600-yksikkö	23
6.1.1	Perusominaisuudet.....	24
6.1.2	SAB600-Ohjelmisto	26
6.2	PLC kommunikointirajapinnan toteutuksessa	26
6.3	OPC UA ja palomuuuri-yksikkö	28
7	KOMMUNIKOINTILAITTEISTON LIITTÄMINEN JÄRJESTELMÄÄN .	31
7.1	COM600-yksikön liittäminen kommunikointijärjestelmään.....	31
7.1.1	Projektin lisääminen COM600-yksikköön.....	37
7.1.2	Laitteiden lisääminen projektiin	38
7.1.3	Signaalien luku projektista.....	40
7.1.4	COM600-yksikön käyttöönoton ongelmatilanteet	41
7.2	PLC kommunikoinnin rajapintalaitteena	42
7.3	OPC UA ja palomuuuri	43
7.3.1	Signaalien luku Softing Client -ohjelmistolla	43
8	POHDINTA	48
	LÄHTEET	50
	LIITTEET.....	52
	Liite 1. Käyttöönotto-oppaan sisällysluettelo	52
	Liite 2. Ote käyttöönotto-oppaasta	53

LYHENTEET JA TERMIT

CID	Configured IED Description
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNP3	Distributed Network Protocol 3
EPA	Enhanced Performance Architecture
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event
HMI	Human Machine Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICD	IED Capabilities Description
IEC	International Electrotechnical Commission
IED	Intelligent Electronic Device
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
LAN	Local Area Network
MMS	Manufacturing Message Specification
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
OPC UA	OPC Unified Architecture
OSI	Open Systems Interconnection
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCD	Substation Configuration Description
SCL	Substation Configuration Language
SSD	Substation Specification Description
SV	Sampled Values
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WebHMI	World Wide Web Human Machine Interface

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli automaatiolaitteiden kommunikointirajapinnan toteuttamisen eri osat. Näihin kuuluu käytetyt kommunikointiprotokollat ja standardit sekä kommunikointirajapinnan luomiseen käytetyt laitteet. Voimalaitoksen kommunikointirajapinta asiakkaan ja voimalaitoksen välillä voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Yleisesti voimalaitoksissa esiintyviä laitteita ovat ABB Oy:n COM600-yksikkö, rajapinnan muodostamiseen käytetty PLC verkkokortteineen tai pelkkä OPC UA Server/Client -ohjelmisto ja palomuuri.

Näistä toteutustavoista COM600-yksikön käyttöönotto vaatii eniten aikaa, joten opinnäytetyön pääpainona oli laitteen ominaisuuksien selvittäminen ja sen käyttöönotto-ohjeen luominen. Tämä toteutettiin liittämällä COM600-yksikkö voimalaitoksen automaatiojärjestelmään ja siirtämällä kenttälaitteiden signaaleja sen kautta. Tällä tavoin COM600-yksikön käyttöönotto ja mahdolliset vikatilanteet vastasivat mahdollisimman paljon yrityksen asiakaskohteissa esiintyviä tilanteita.

Työn aikana syntyneiden muistiinpanojen pohjalta luotiin mahdollisimman kattava kommunikointirajapinnan käyttöönotto-opas. Tämä opas tulee yrityksen käyttöön ja sen käyttötarkoitus on nopeuttaa rajapintalaitteiston käyttöönottamista tulevissa voimalaitosprojekteissa. Käyttöönotto-opasta ei ole esitetty opinnäytetyössä kokonaisuudessaan, mutta sen sisältöä on käytetty lähdemateriaalina.

1.1 Seilo Consulting

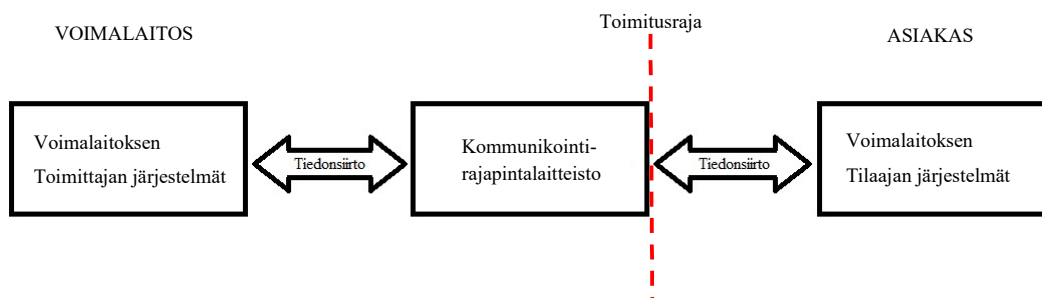
Seilo Consulting on sähkö- ja automaatioprojektien suunnitteluun, asennusvalvontaan ja käyttöönottoon keskittynyt yritys. Yrityksen pääpainona on teollisuuden eri alat, kuten voimalaitokset, paperiteollisuus, sähköjakelu ja laivateollisuus. Yritys toimii kaikilla mantereilla ja hyvin erilaisissa työympäristöissä. (Seilo Consulting Palvelut 2018.)

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Työn tavoitteena oli koota voimalaitosten automaatiolaitteiden kommunikointirajapintaan liittyvä tieto yhdeksi paketiksi ja luoda käyttöönotto-opas (liite 1) sen käyttöönottoon. Käyttöönotto-oppaan pääpaino asetettiin COM600-yksikölle. Käyttöönotto-oppaan tuli sisältää myös toimintaohjeet yleisimmissä ongelmatilanteissa, jotka nopeuttavat laitteen käyttöönottoa, säästäten resursseja sekä aikaa voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä.

2 KOMMUNIKOINTIRAJAPINTA AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ

Automaation kommunikointirajapinnalla tarkoitetaan kahden eri tietojärjestelmän tiedonsiirron rajapintaa. Voimalaitoksissa tämä raja kulkee voimalaitoksen toimittajan- ja tilaajan järjestelmien välissä. Voimalaitoksen toimittaja vastaa voimalaitoksen rakentamisesta ja käyttöönotosta. Asiakas on voimalaitoksen tilaaja tai loppukäyttäjä. Tiedonsiirron toteuttamisen haastavuuteen vaikuttaa kansainvälisesti käytössä olevat erilaiset kommunikointiprotokollat, tietoturva ja laitteiden yhteensopivuusongelmat. Kommunikointirajapinnan periaate automaatiojärjestelmissä on esitetty kuvassa 1. (Seilo Consulting Projektit 2017.)



KUVA 1. Kommunikointirajapinnan lohkokkaavio

Kuvan 1 tiedonsiirto tapahtuu kommunikointiprotokollien avulla. Toimittajan automaatiojärjestelmä voi käyttää eri kommunikointiprotokollaa kuin tilaajan automaatiojärjestelmät. Kommunikointirajapintalaitteisto sijaitsee voimalaitoksella. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

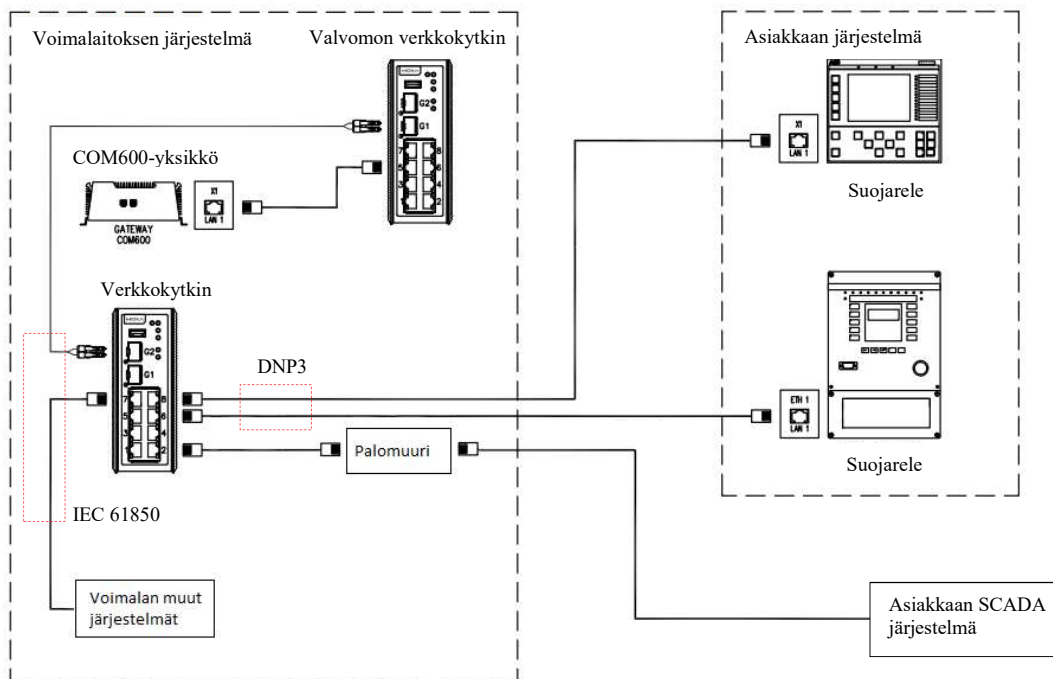
2.1 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmät

Voimalaitoksessa käytetty automaatiojärjestelmä vaihtelee kohteittain. Samaa automaatiojärjestelmää käyttävät voimalaitokset ovat identtisiä keskenään, joten suurin ero voimalaitosten välillä on asiakkaan tilaama osuus. Asiakkaan tilaama osuus voi rajoittua pelkkään voimalaitoksen automaatiojärjestelmään, joten voimalaitoksen liittäminen kohdemaan sähköverkkoon jää asiakkaan vastuulle. Voimalaitoksen järjestelmät ovat laajasti automatisoituja eikä niiden toiminta ei ole riippuvainen ulkoisesta ohjauksesta. Voima-

laitoksen sisäinen kommunikointi tapahtuu vain muutamalla kommunikointiprotokollalla. Käytetyt kommunikointiprotokollat riippuvat kohteesta. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

2.2 Asiakkaan automaatiojärjestelmät

Voimalaitoksen ja asiakkaan järjestelmien rajapinta noudattaa voimalaitoksen tilausrajoja. Asiakkaan järjestelmiin kuuluvat kaikki voimalaitoksen tilauksen ulkopuoliset laitteet ja järjestelmät. Voimalaitoksen järjestelmään yhdistetyt laitteet vaihtelevat kohteittain. Asiakkaan järjestelmiä voivat olla esimerkiksi paikalliseen sähköverkkoon liittämiseen kuuluvat releet ja verkkokytkimet tai erilliset kommunikointilinjat. Käytettyihin laitteisiin vaikuttavat yleensä paikalliset säädökset tai paikallinen infrastruktuuri. Voimalaitoksen tilaaja ei välttämättä ole sama järjestö kuin sen loppukäyttäjä, mutta automaatiojärjestelmien kannalta molemmat ovat asiakkaita. Voimalaitoksen ulkopuoliset laitteet voivat käyttää eri kommunikointiprotokollia kuin voimalaitoksen sisäinen järjestelmä. Esimerkki mahdollisesta automaation kommunikointirajapinnasta on esitetty kuvassa 2. (Seilo Consulting Projektit 2017.)



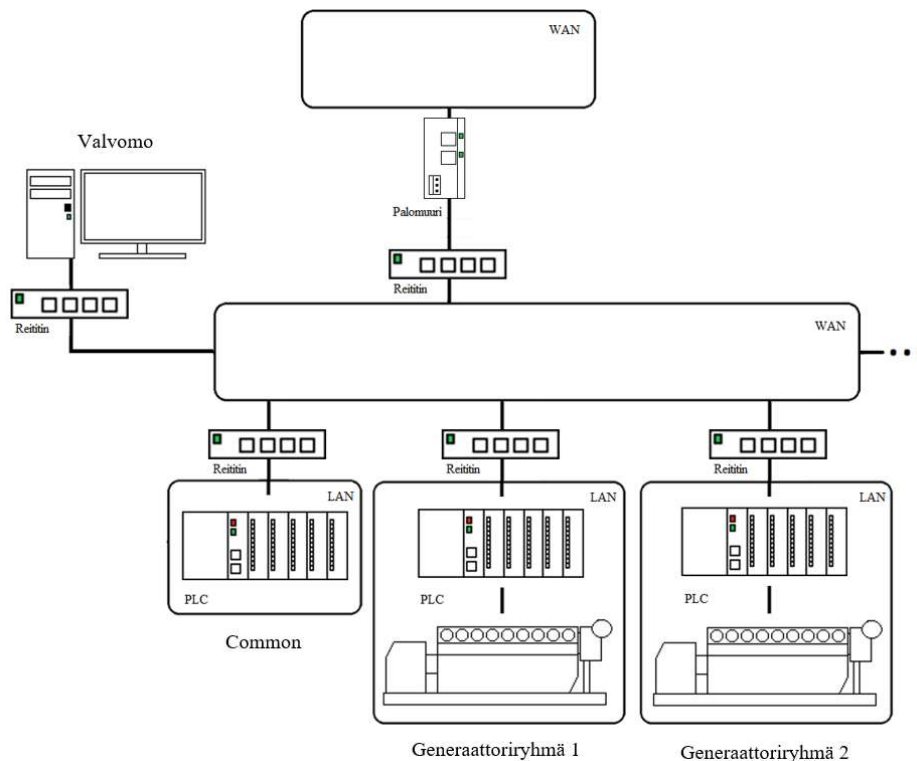
KUVA 2. Automaatiojärjestelmien kommunikointi (Seilo Consulting Projektit 2017)

Kuvan 2 järjestelmästä nähdään, kuinka DNP3 protokollaa käyttävät laitteet ovat voimaitoksen IEC 61850 käyttävien laitteiden kanssa samassa tietoverkossa. Kohteen COM600-yksikkö vastaanottaa tietoa asiakkaan laitteistosta ja kääntää sen valvomon tietokoneelle toiselle protokollalle. Projekti on toteutettu COM600-yksiköllä LAN1-porttia käyttäen, joka on otettu huomioon laitteen konfiguroinnissa. Tämä on esitetty rajapintalaitteiston käyttöönotto-oppaassa (liite 2).

3 TIETOVERKKOJEN TYYPIT

Moderneissa voimalaitoksissa siirretään suuret määrät tietoa laitteiden sekä valvomon välillä. Erillisten väylien ja sarjaporttien käyttö on vaihtunut Ethernet-tietoverkkoihin, joista koko voimalaitoksen kommunikointiverkko muodostuu.

Ethernet-tietoverkolla voidaan luoda LAN-verkkoja ja WAN-verkkoja. LAN-verkko on rajattu tietoverkko, jonka sisällä tietopaketit siirretään tietoverkon laitteiden kesken. LAN-verkon ei tarvitse olla yhteydessä Internettiin toimiakseen. WAN-verkko on LAN-verkkoja yhdistävä tietoverkko, jonka avulla eri LAN-verkot voivat siirtää tietopaketteja keskenään. WAN- ja LAN-verkon välillä tarvitsee olla reititin, joka toimii osoitteena LAN-verkolle WAN-verkossa, mahdollistaen tietopaketin siirron tietoverkkojen välillä. Voimalaitoksen eri järjestelmille on omat LAN-verkkonsa, jotka on yhdistetty voimalaitoksen WAN-verkkoon. Tämä WAN-verkko voi olla yhteyksissä Internettiin, jos kommunikointi sitä vaatii. Palomuurit estävät ulkopuolisen kommunikointiliikenteen voimalaitokseen. Voimalaitoksen verkon tyypillinen rakenne voidaan nähdä kuvasta 3. (Seilo Consulting Projektit 2017.)



KUVA 3. Tyypillinen tietoverkon rakenne voimalaitoksella

4 TIETOTURVA

Ethernet-pohjaisten väylätekniikoiden kehittyessä ja etäkäytettävien laitteiden yleistyessä tietoturvariskit kasvavat. Moderneja voimalaitoksia käytetään yleensä etänä, mikä tarkoittaa, että voimalaitos voi olla yhteydessä Internetiin. Voimalaitoksen ja asiakkaan välistä tietoliikennettä suojataan palomuurien avulla. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

Palomuuuri on verkko-ohjelma ja laitteisto, joka rajoittaa sen läpikulkevaa tietoliikennettä. Palomuuuri estää yhteydenottopyynnöt ja tiedonsiirron tietopakettien lähettäjältä, jota ei ole määritetty palomuuriin asetettuun sääntölistaan. Jokaisella tietokoneella on oma käyttöjärjestelmänsä määrittämä palomuuuri. Voimalaitoksilla käytetään erillisiä palomuuuri-yksiköitä, jotka voivat sijaita generaattoriyksiköiden LAN-verkoissa tai vain voimalaitoksen WAN-verkon ja Internet-yhteyden välissä. (Clark, C. & Cobb, M. 2018.)

Kommunikointirajapinnan laitteissa on erilaiset lähestymistavat tietoturvaan. Kaikilla voimalaitoksilla käytetyillä rajapintalaitteilla on vahva tietoturva, joten tietoturva ei ole olennainen osa käytetyn laitteen valinnassa. Laitteiden tietoturva tulee kuitenkin ottaa huomioon käyttöönottoaiheessa. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

COM600-yksikön sisällä on oma Windows-käyttöjärjestelmän palomuuuri, johon on tehdasasetuksilla estetty lähes kaikki kommunikointi. COM600-yksikkö vaatii myös WebHMI-käyttöliittymän kautta annetun käyttäjätunnuksen ja salasanan käyttöä. COM600-yksikön tietoturvaa avataan käyttöönoton yhteydessä riittävästi siten, että se päästää läpi vain sallitut tietopaketit. (COM600 Series 5.0 Cyber Security... 2017.)

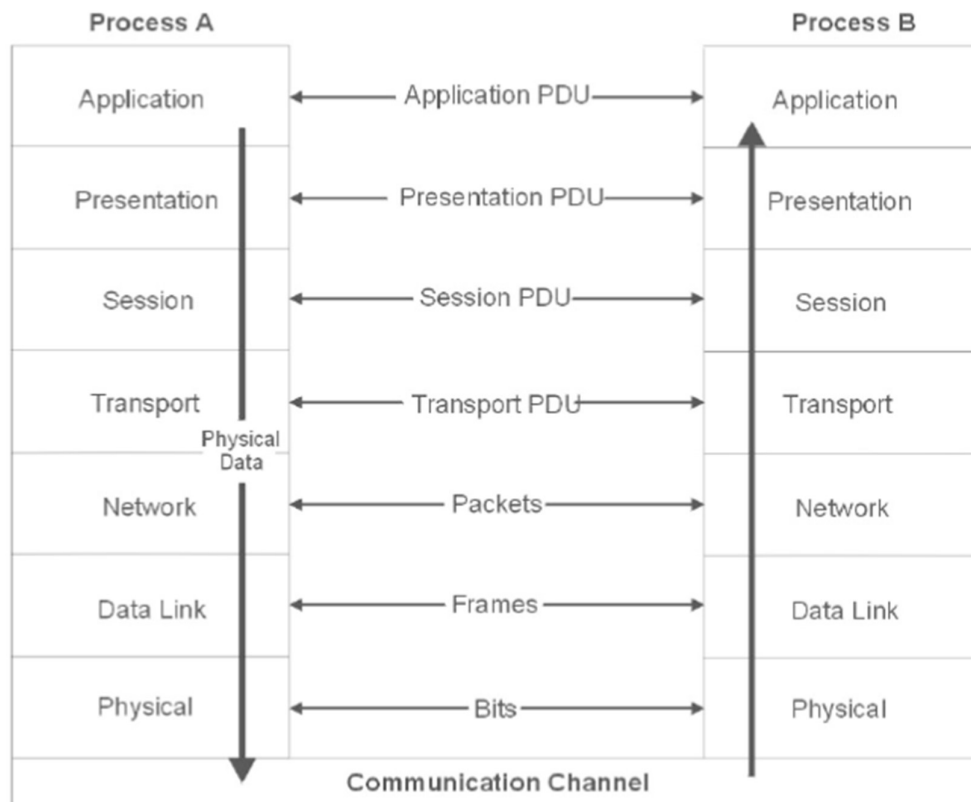
Rajapinta PLC ei tarvitse palomuuria, sillä asiakas ei ole yhteydessä itse voimalaitokseen, vaan voi lukea ainoastaan verkkokortille kirjoitettua tietoliikennettä. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä on siten erotettu ulkopuolisista järjestelmistä. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

OPC UA Server/Client -toteutus tapa sisältää käyttäjätunnusten ja salasanojen käytön. Yhteys salataan siis jo OSI-viitemallin sovelluserroksella. Tämän lisäksi käytetään erillistä palomuuuri-yksikköä, jos voimalaitoksella on Internet-yhteys. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

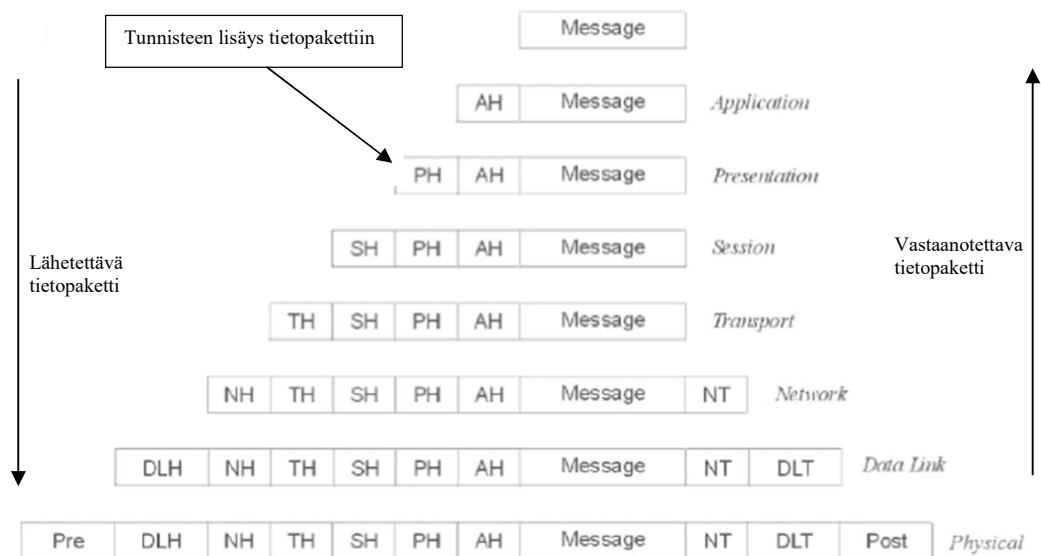
5 KOMMUNIKOINTIPROTOKOLLAT JA STANDARDIT

Voimalaitosten automaatiojärjestelmissä suurin osa tiedoista siirretään eri kommunikointiväylien avulla. Tämä asettaa haasteita laitteiden väliselle kommunikoinnille. Jotta eri laitevalmistajien laitteet pystyisivät kommunikoimaan keskenään, tarvitaan yhteisen tieto- ja kommunikointirakenteen määrittäviä standardeja. Voimalaitoksen sisäinen kommunikointi tapahtuu tyypillisesti generaattoriryhmäkohtaisten logiikoiden ja SCADA-järjestelmän välillä. SCADA, eli Supervisory Control And Data Acquisition on automaatiojärjestelmää hallitseva tietokoneohjelmisto, joka sisältää HMI-, eli Human Machine Interface -käyttöliittymän. SCADA-järjestelmää kutsutaan yleensä nimellä valvomo-ohjelmisto. (Inductive Automation 2018.)

OSI-viitemallia käytetään kehyksenä, miten tietopaketit siirretään ja vastaanotetaan tietoverkoissa. OSI-viitemalli kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä eri kerroksessa. Lähetettävä tietopaketti siirtyy kerroksilta ylhäältä alas fyysiselle kerrokselle, joka vastaanotetaan päinvastaisessa järjestyksessä. Jokaisessa kerroksessa lähetettävään tietopakettiin lisätään käytetyn kommunikointiprotokollan mukaisia tunnisteita, jotka puretaan vastaanottavassa laitteessa. Näitä tunnisteita käytetään tietopakettien lajitte-
telussa, tunnistuksessa ja muissa kohdentavissa toiminnoissa. OSI-viitemallin kerrokset ovat esitetty kuvassa 4. Tunnisteiden periaatekuva on esitetty kuvassa 5.



KUVA 4. OSI-viitemallin kerrokset (Clarke, G. & Reynders 2004, 59)



KUVA 5. Tunnisteiden lisäys tietopaketteihin (Clarke, G. & Reynders, D. 2004, 59)

Kommunikointirajapinnan tärkeimpiä protokollia voimalaitoksen ja asiakkaan järjestelmien välillä ovat;

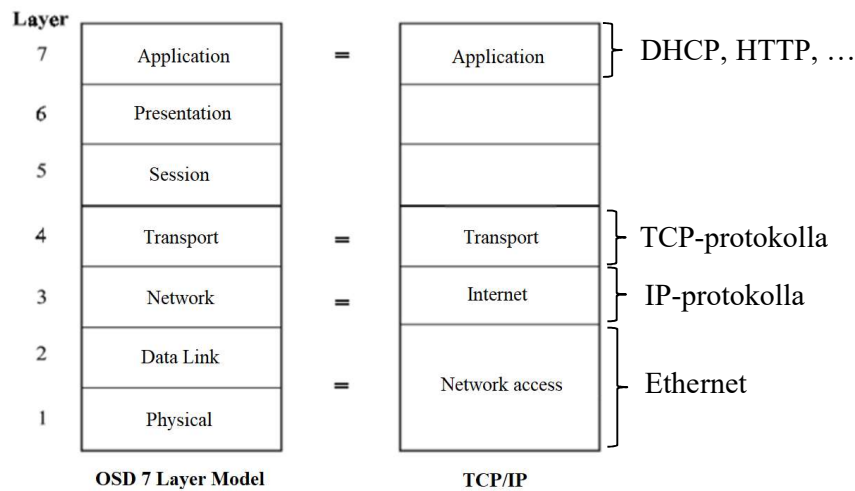
- TCP/IP, eli yleinen Ethernet-pohjainen tiedonsiirtoprotokolla.
- OPC UA, eli sovellusten välinen tiedonsiirtoprotokolla.
- IEC 60870-5-101, eli sähkövoiman tiedonsiirtoa käsittelevä kommunikointiprotokolla.
- IEC 60870-5-104, eli lisäosa, joka mahdollistaa IEC101-protokollan kommunikoinnin Ethernet-väylissä.
- IEC 61850, eli eri IEC 60870 standardin lisäosia korvaava yleinen tiedon keruun ja käsittelyn standardi.
- Modbus TCP/IP, eli yksinkertainen kenttälaitteiden tiedonsiirtoprotokolla muunnettuna Ethernet-väyläkelpoiseksi.
- DNP3, eli amerikkalainen vastine IEC 60870-standardeille.

(Seilo Consulting Projektit 2017.)

5.1 TCP/IP

TCP/IP on Ethernet-verkoissa laajassa käytössä oleva tietoverkkoprotokollien yhdistelmä. TCP/IP:tä käytetään Internet-liikennöinnin tiedonsiirrossa. TCP/IP sisältää useita eri protokollia, joista tärkeimmät ovat IP- ja TCP-protokollat. Tietopaketit lähetetään IP-protokollan määrittämiin osoitteisiin. TCP-protokollaa käytetään tietopakettien vastaanottamisen varmistamiseksi. Protokollien yhdistelmällä saadaan luotettava, LAN- ja WAN-tietoverkkoja käyttävä kommunikointiprotokolla. (Krimaka 2015.)

TCP/IP:ssä tietopaketit käyttävät sovellus-, kuljetus-, verkko- ja peruserrosta. Sovelluserroksen sisällä toimii useat Internet-liikennöinnissä käytetyt sovellusten väliset protokollat kuten DHCP ja HTTP. OSI-viitemallin fyysinen kerros ja siirtokerros yhdistyvät yhdeksi peruserrokseksi. TCP/IP-viitemallin tietoliikenteen kerrokset on esitetty kuvassa 6. (Krimaka 2015.)

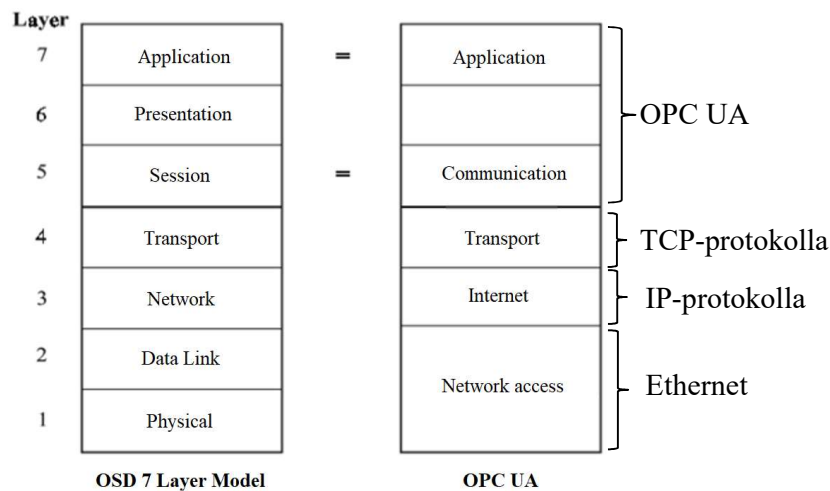


KUVA 6. TCP/IP-kommunikointiprotokollan OSI-viitemallin kerrokset

TCP/IP:lla lähetettyihin tietopaketteihin lisätään vastaanottajan IP-osoite sekä tietopaketin laadusta ja koosta kertovia bittejä. IP-osoite voi olla kiinteästi laitteelle asetettu tai reitittimen automaattisesti valikoitu dynaaminen osoite. IP-protokolla sijoittuu Internet-kerrokselle. IP-protokollan kommunikointi on epävarmaa, sillä se ei pyydä varmistusta vastaanotetuista tietopaketeista. TCP-protokollan avulla voidaan varmistaa, että tietopaketit ovat saapuneet vastaanottajalle. TCP-protokolla sijoittuu kuljetuskerrokselle. TCP/IP tarkistaa kommunikointivirheitä laitteiden viestinnän välillä, vähentäen virheellisten tietojen lähettämistä ja vastaanottamista. (Krimaka 2015.)

5.2 OPC UA

OPC Unified Architecture, toimii sovellusten ohjelmistorajapintana. OPC UA Client/Server on Microsoft-pohjaisista sovelluksista riippumaton kommunikointiprotokolla. OPC Client lähettää tietopaketteja OPC Serverille muutoksen ilmentyessä tai OPC Serverin pyytäessä. OPC UA korvaa keskenään sopimattomat aikaisemmat OPC-protokollat yhdeksi kokonaisuudeksi. OPC UA lisää tietopaketin sovelluskerrokselle signaalin nimen, aikaleiman ja laadun lisäksi useita kohdentavia tunnisteita. OPC UA käyttää sovelluskerroksen lisäksi istuntokerroksen korvaavaa kommunikointikerrosta. Tietopaketin kuljetus tapahtuu TCP/IP:n mukaisesti. Client- ja Server -sovellusten välinen kommunikointi ja salaus tapahtuvat kommunikointikerroksella. OPC UA -kommunikointiprotokollan OSI-viitemallin kerrokset on esitetty kuvassa 7. (Heikkilä, M. 2016, 11.)

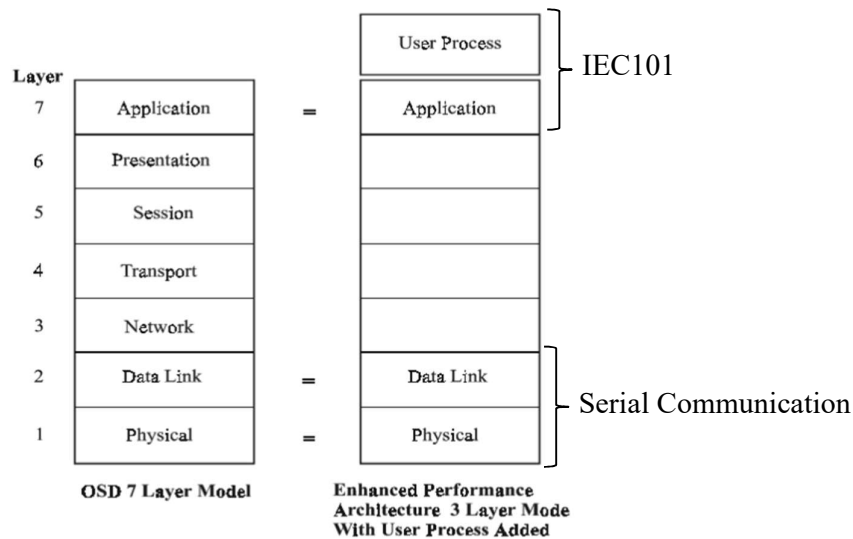


KUVA 7. OPC UA -protokollan OSI-viitemallin kerrokset

5.3 IEC 60870-5-101

IEC 60870-5 on yleinen teollisuuden prosessien tiedon keräystä ja hallintaa koskeva standardi. Tämä standardi pitää sisällään useita eri käyttötarkoituksesta riippuvaista kommunikointiprotokollaa. Voimalaitoksissa käytetään sähkötehon valvontaan ja hallintaan kehitettyä IEC 60870-5-101-kommunikointiprotokollaa. IEC 60870-5-101, tai lyhennettynä IEC101, kommunikointiprotokollan tietopaketin kehykseen lisätään tietoliikenteen yksilöintiä ja seuranta helpottavia tunnisteita. IEC101-kommunikointiprotokollaa käytävissä järjestelmissä on selkeä hierarkia. Järjestelmissä on aina hallinnoiva Master-laite ja tätä palveleva Slave-laite. IEC101-protokollan tukemat toiminnot vaihtuvat laitteen Master/Slave-käyttötilan mukaisesti. (Clarke, G. & Reynders, D. 2006, 170–176.)

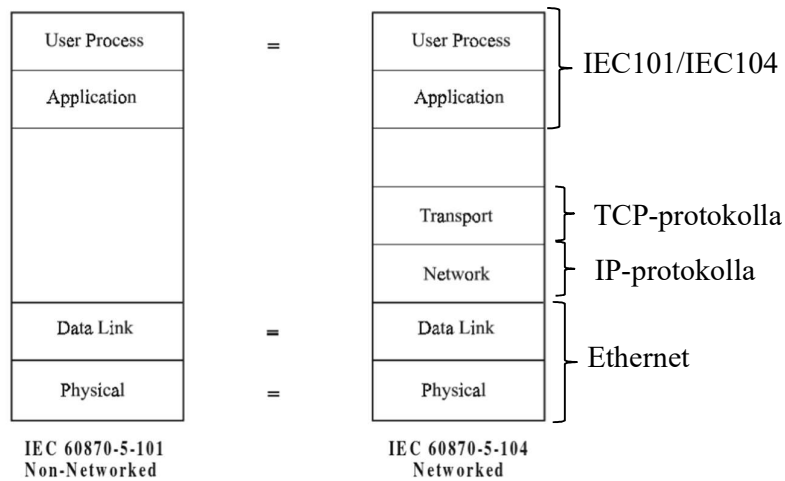
IEC101-protokolla käyttää EPA-mallia. EPA-malli on OSI-viitemallin pohjalta teollisuuden käyttöön kehitetty kehys. EPA-malli vastaa OSI-viitemallin sovellus-, siirto- ja fyysisistä kerrosta, mutta käyttää tämän lisäksi erillistä 8. kerrosta, eli prosessikerrosta. IEC101 määrittää Sovellus- ja prosessikerroksen. IEC101 kommunikointi käyttää sarjaliikenneportteja. IEC101-kommunikointiprotokollan käyttämät kerrokset on esitetty kuvassa 8. (Clarke, G. & Reynders, D. 2006, 177–182.)



KUVA 8. IEC101 protokollan OSI-viitemallin kehykset (Clarke, G. & Reynders, D. 2004, 182)

5.4 IEC 60870-5-104

IEC 60870-5-104 eli lyhennettynä IEC104, on lisäosa IEC101-kommunikointiprotokollalle. IEC104:ssa on muutettu protokollan toimintaa siten, että tietopaketteja voidaan siirtää Ethernet-väylässä LAN-verkossa tai reitittimen kautta WAN-verkkoon, ilman erillistä protokollamuunninta. IEC104-protokolla lisää IEC101-protokollan LAN-viestikehykseen kuljetus- ja verkkokerroksen. IEC101 ja IEC104 tukevat joitakin samoja signaalityyppisiä. IEC104-protokollan käyttämät OSI-viitemallin kerrokset on esitetty kuvassa 9. (Clarke, G. & Reynders, D. 2006, 182–183.)



KUVA 9. IEC104:n lisäämät OSI-viitemallin kerrokset IEC101-protokollaan (Clarke, G. & Reynders, D. 2006, 183)

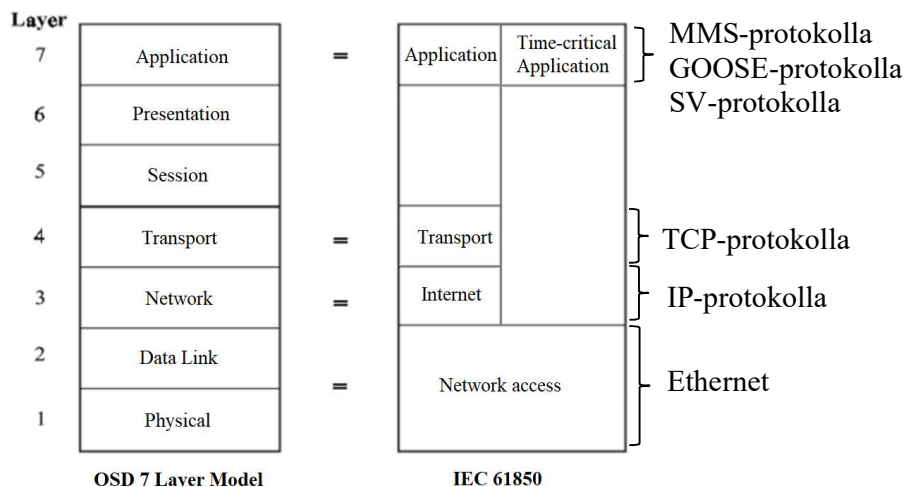
5.5 IEC 61850

IEC 61850 on kansainvälinen sähköverkon kommunikointiin keskittynyt standardi. IEC 61850 on kehitetty korvaamaan IEC 60870 sarjan eri standardit yhdeksi kokonaisuudeksi. (Mackiewicz, R. 2006, 7.)

IEC 61850 määrittää yhteisen kielen jolla kaikki funktiot ja niihin liittyvät tiedostot voidaan lukea laitteistoissa valmistajasta riippumatta. Tämä SCL, eli Substation Configuration Language on ala-aseman konfigurointikieli, joka sisältää neljä eri tiedostoformaattia, joihin toimilohkot voidaan jakaa. Nämä ovat;

- CID, eli Configured IED Description, kertoo IED:n konfiguroinnista.
- ICD, eli IED Capabilities Description, kertoo IED:n toiminnoista.
- SSD, eli Substation Specification Description, kertoo ala-aseman toimenkuvasta.
- SCD, eli Substation Configuration Description, kertoo ala-aseman konfiguroinnista.

IEC 61850 -standardin käyttämät OSI-viitemallin kerrokset on esitetty kuvassa 10. (Mackiewicz, R. 2006, 6.)

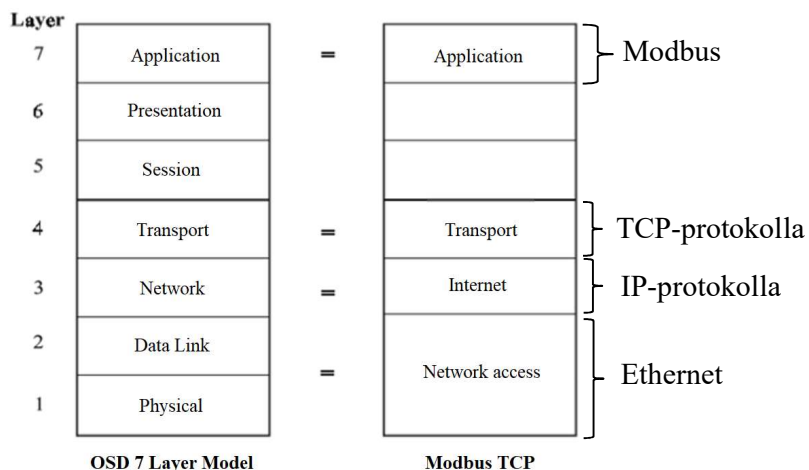


KUVA 10. IEC 61850 standardin kerrokset

IEC 61850 sisältää useita protokollia, joista tärkeimmät ovat MMS-, GOOSE- ja SV-protokollat. MMS-protokolla, eli Manufacturing Message Specification, on yleinen ISO-standardin määrittämä mittaus- ja valvontatietojen välitystä koskeva protokolla. GOOSE-protokolla, eli Generic Object Oriented Substation Event, on IEC 61850 standardin määrittämä suoja toimintojen väyläpohjaiseen hallintaan kehitetty protokolla. SV-protokolla, eli Sampled Values, on IEC 61850 standardin määrittämä analogisten mittausten nopeaan lähettämiseen kehitetty protokolla. GOOSE ja SV ovat IEC 61850 standardin nopean toiminnan protokollia, eivätkä ne käytä vastaanoton varmistamiseen liittyviä protokollia. (Mackiewicz, R. 2006, 5.)

5.6 Modbus TCP/IP

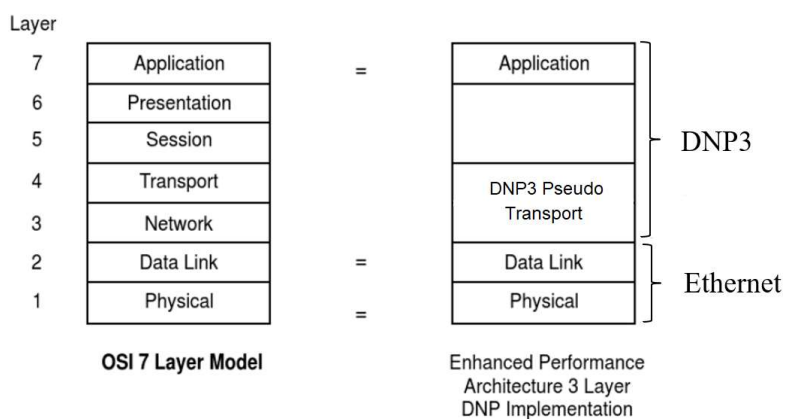
Modbus TCP/IP on yleinen elektronisten laitteiden kommunikointiprotokolla. Modbus TCP/IP voi välittää tietopaketteja Ethernet LAN- tai WAN-verkossa. Modbus TCP/IP lisää tietopaketin sovelluskerrokselle kentälaitteilta lähtevään tietopakettiin nimeämiseen, suureeseen sekä yksikköön liittyvät tunnisteet. Voimalaitoksissa Modbus TCP/IP-kommunikointiprotokollaa käytetään pääasiassa elektronisten kentälaitteiden ja SCADA-järjestelmien tiedonvälityksessä. Kuljetus-, internet- ja peruskerros noudattavat TCP/IP-kommunikointiprotokollaa. Modbus TCP/IP-kommunikointiprotokollan käyttämät OSI-viitemallin kerrokset on esitetty kuvassa 11. (Acromag 2005, 4–6.)



KUVA 11. Modbus TCP/IP-kommunikointiprotokollan kerrokset

5.7 DNP3

DNP3 on Pohjois-Amerikkalaisten kehittämä avoin tietoverkkojen kommunikointiprotokolla. DNP3-kommunikointiprotokolla on kehitetty SCADA-järjestelmien kommunikointiin. DNP3 käyttää OSI-viitemallin kolmea kerrosta; Sovelluskerrosta, siirtokerrosta ja fyysistä kerrosta. Näiden kolmen kerroksen lisäksi DNP3 käyttää OSI-viitemallista poikkeavia tiedonsiirtotoimintoja, jotka korvaavat OSI-viitemallin kuljetus- ja verkkokerrokset. DNP3-kommunikointiprotokollan käyttämät OSI-viitemallin kerrokset on esitetty kuvassa 12. (Clarke, G. & Reynders, D. 2004, 66–72.)



KUVA 12. DNP3-kommunikointiprotokollan OSI-viitemallin kerrokset (Clarke, G. & Reynders, D. 2004, 77)

6 KOMMUNIKOINTIRAJAPINNAN LAITTEISTO

Kommunikointirajapintaa automaatiolaitteiden välille tarvitaan useista eri syistä. Nykyaikaiset voimalaitokset ovat kattavasti automatisoitu ja järjestelmien valvonta tapahtuu etänä. Laajan automatisoinnin etuna on voimalaitoksen kannattavampi toiminta ja inhimillisten virheiden minimointi.

Etäkäyttö luo myös omat ongelmansa. Voimalaitosten tilaajat toimivat hyvin erilaisissa järjestelmäarkkitehtuureissa, mikä vaikeuttaa järjestelmien välistä kommunikointia. Näitä haasteita varten käytetään erilaisia rajapintalaitteita, joilla on omat etunsa ja haittansa. Toteutustapa on kohteesta riippuvainen. Jotkin kohteet käyttävät useita eri protokollia, jolloin soveltuvin laite on COM600-yksikkö. Muissa tapauksissa käytetään joko erillistä rajapinta PLC:tä tai OPC UA Server/Client -ohjelmistoa ja palomuuria. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

Tyypilliset kommunikointirajapinnan laitteen signaalit tulevat älykkäiltä kenttälaitteilta. IED, eli Intelligent Electronic Device, on näistä älykkäistä kenttälaitteista yleisesti käytetty termi. Sähköntuotannossa IED-laitteiksi luokitellaan mikroprosessorin sisältävät laitteet, jotka voivat ohjata prosessin osia. Yleisiä IED-laitteita ovat releitä ja kontaktoreita ohjaavat suojarleet. Esimerkki suojarleestä on esitetty kuvassa 13. (SUBNET Solutions Dictionary: Glossary... 2018.)



KUVA 13. ABB REG615-Suojarele

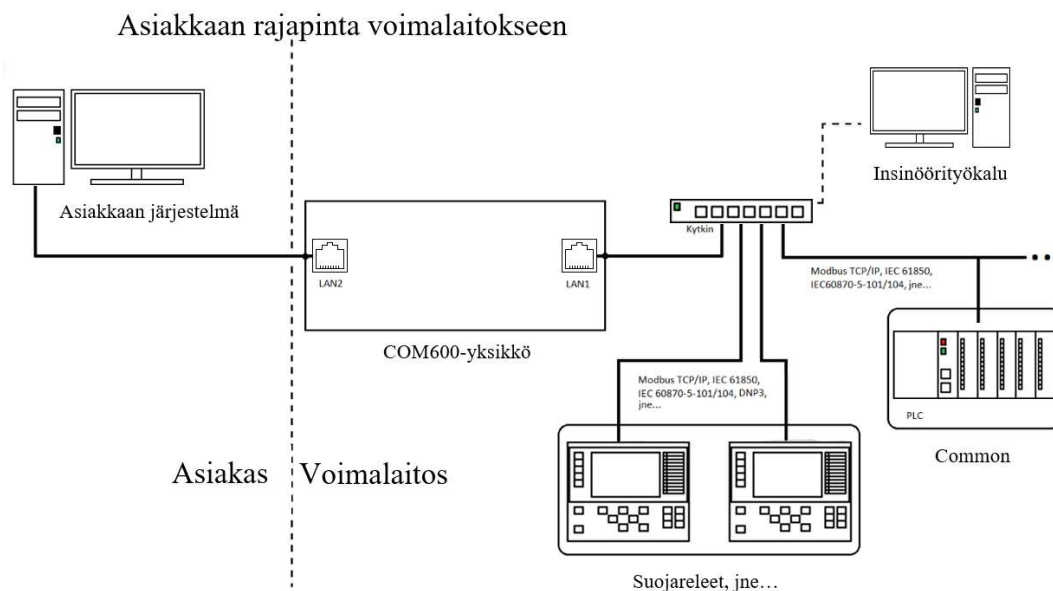
6.1 COM600-yksikkö

COM600-yksikkö on alun perin automaatiojärjestelmien hallintaan kehitetty ohjausyksikkö, jota voidaan käyttää automaatiojärjestelmien välisenä rajapintayksikkönä. COM600-yksikön huomattavimpina etuina on tuettujen kommunikointiprotokollien määrä. Laite lukee kaikkia yleisimpiä kansainvälisiä kommunikointiprotokollia ja mahdollistaa muuntamisen kommunikointiprotokollasta toiseen. COM600-yksikkö on esitetty kuvassa 14. (COM600 series 5.0 User's Manual 2017.)



KUVA 14. COM600-yksikkö (COM600 series 5.0 User's Manual 2017, 1)

COM600-yksikön avulla on myös mahdollista kuitata hälytyksiä sekä tehdä asetusravon muutoksia rajoitetusti. COM600-yksikköä käytetään usein kuitenkin vain voimalaitoksen tietoliikenteen lukemiseen, poistaen ulkopuolisen vaikuttamisen voimalaitoksen toimintaan kokonaan. COM600-yksikön tyypillinen kytkentä pelkkänä tietopakettien luku- ja siirtolaitteena on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. COM600-yksikön kytkennän periaatekuva

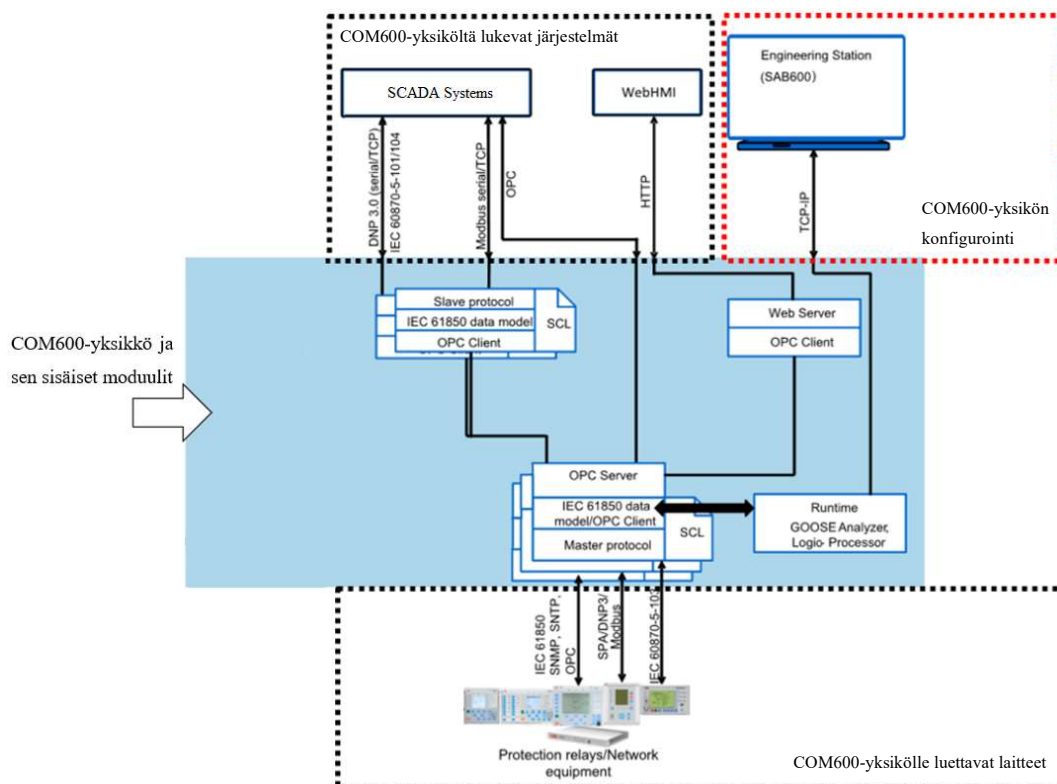
Kuvasta 15 nähdään myös COM600-yksikön insinööriyöaseman kytkentä COM600-yksikköön. Kentällä olevat eri kommunikointiprotokollaa käyttävät laitteet voidaan lukea COM600-yksikön LAN1-porttiin, josta ne voidaan kääntää halutulle kommunikointiprotokollalle, asiakkaan tai valvomon luettavaksi LAN2-portista.

6.1.1 Perusominaisuudet

COM600-yksiköllä on monia eri sovelluksia, mahdollistaen eri toiminnot. COM600-yksikköä voidaan ostetuista lisensseistä riippuen käyttää joko ala-asemana, tai valvomona paikallisen HMI-toimintonsa ansiosta. Voimalaitoksissa COM600-yksikön pääasiallinen käyttö on vain tietopaketien välitys voimalaitoksen sisällä tai asiakkaalle. COM600-yksikkö pystyy lukemaan kaikkia yleisimpiä tiedonvälitykseen liittyviä protokollia. COM600-yksikkö käyttää Windows 8-käyttöjärjestelmää. Laitteen pääasiallinen ohjelmointiohjelma on SAB600, jonka avulla voidaan määrittää kaikki automaattorajapintana toimimiseen liittyvät asetukset. (COM600 series 5.0 User's Manual 2017, 14.)

Laitteen kommunikointi toimii siten, että IED-laitteiden tietopaketit luetaan COM600-yksikköön, jossa se käännetään yksikön sisäiselle OPC Server:lle. Tältä palvelimelta voidaan siirtää haluttu määrä IED-laitteen signaaleita yksikön sisäiselle OPC Client:lle, jossa

se käännetään halutulle kommunikointiprotokollalle. COM600-yksikön sisäinen kommunikointi tapahtuu IEC 61850 -standardin mukaisesti, mikä mahdollistaa GOOSE-kommunikoinnin yksikön kautta. COM600-yksikön kommunikoinnin toteutustavasta johtuen, OPC DA-signaalien lukemiseen yksiköstä ei tarvita erillistä muunnosta, vaan signaalit voidaan lukea suoraan OPC Server:ltä. Tämä vaatii, että vastaanottavalla tietokoneella on OPC Client -ohjelmisto. COM600-yksikkö ei tue OPC UA -protokollaa. Kuvassa 16 on esitetty COM600-yksikön sisäiset moduulit ja kuinka ne vaikuttavat ulkopuolisiin järjestelmiin. (COM600 series 5.0 User's Manual 2017.)



KUVA 16. COM600-yksikön sisäiset moduulit (COM600 series 5.0 User's Manual 2017, 15)

Kuvasta 16 nähdään, kuinka COM600-yksikkö on Master/Server laitteille päin ja Slave/Client hallintatietokoneille päin. Jos valvomossa on OPC Client-ohjelmisto, voidaan COM600-yksikön OPC Server:ltä lukea suoraan signaaleja ilman yksikön sisäistä Slave/Client muunnosta.

6.1.2 SAB600-Ohjelmisto

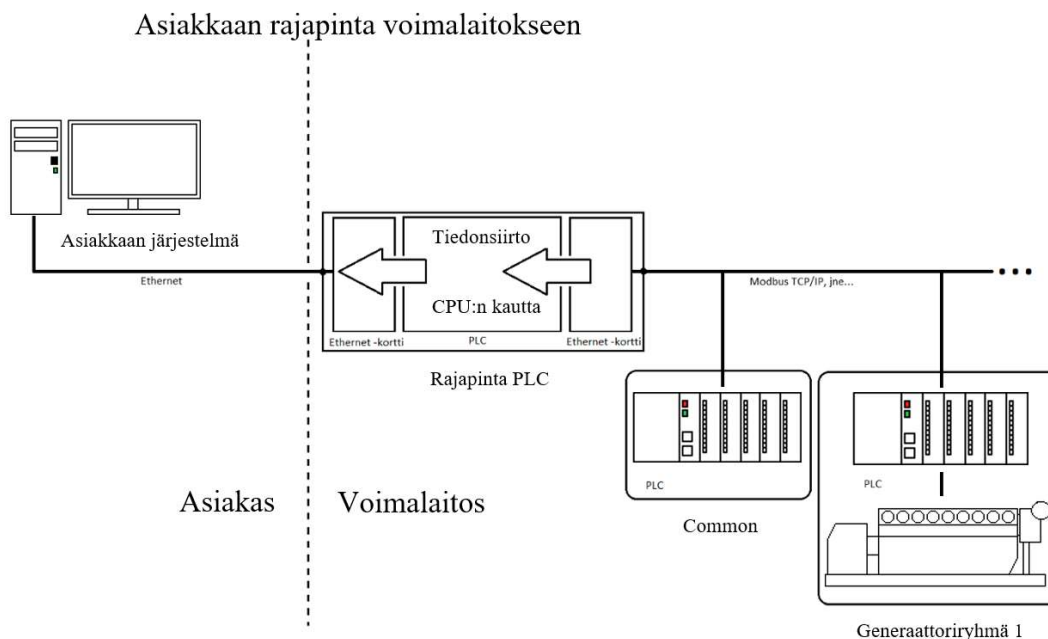
COM600-yksikön pääasiallinen konfigurointiohjelma on SAB600. SAB600-ohjelmisto on ABB:n kehittämä PCM600-pohjainen ohjelma, jolla voidaan olla suoraan yhteydessä COM600-yksikköön ja tehdä muutoksia. PMC600-ohjelmisto on saman valmistajan SCL-tiedostojen ja ABB:n releiden konfiguroimiseen suunniteltu työkalu, jolla voidaan muokata SAB600-ohjelmiston käyttämiä SCD/CID-tiedostoja. Näiden tiedostojen muokaus kuuluu IED-laitteiden konfiguroimiseen, eivätkä ne liity itse kommunikointirajapinnan luomiseen. COM600-yksiköstä voidaan estää SAB600-ohjelmiston muutokset, mikä on suositeltavaa tehdä voimalaitoksen luovutusvaiheessa.

SAB600-projektilla on kaksi eri versiota, projektin SAB600-versio ja Gateway-versio. Projektin SAB600-versio kertoo millä ohjelmaversiolla projekti on luotu. Gateway-versio kertoo mille COM600-yksikön versiolle projekti on luotu. SAB600-ohjelmisto ehdottaa automaattisesti versioiden päivittämistä vanhan projektin avaamisen yhteydessä. Nämä versiot eivät vaikuta uuden projektin luomiseen, mutta jos kohteessa päivitetään vanhaa COM600-yksikön versiota, tulee Gateway-version vastata COM600-yksikön versiota (Seilo Consulting Projektit 2017).

6.2 PLC kommunikointirajapinnan toteutuksessa

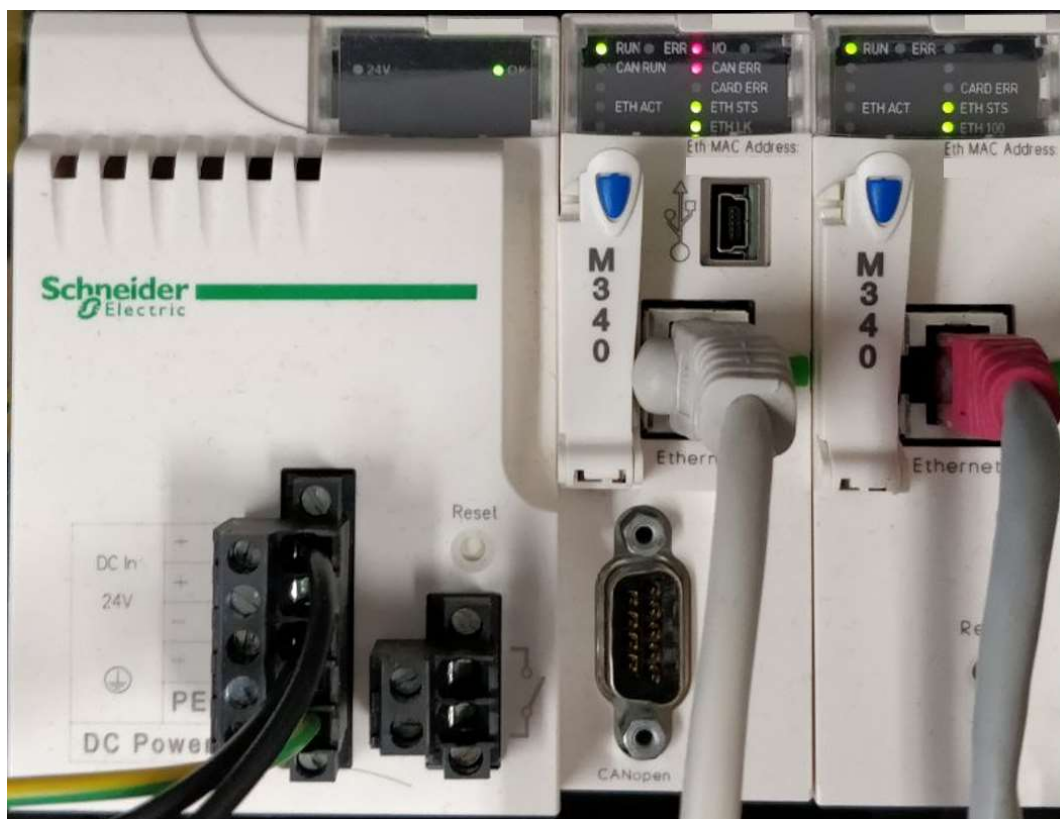
Kommunikointirajapintana käytetty PLC ei ole valmistajalta tilattava valmis yksikkö, vaan se luodaan erillisistä verkkokorteista ja PLC-yksiköstä, jotka rakennetaan ja konfiguroidaan kohteessa. Rajapinta PLC:n konfigurointi toteutetaan käytetyn PLC:n valmistajan ohjelmistolla. (Seilo Consulting Projektit 2017.)

Rajapinta PLC koostuu kahdesta tai useammasta verkkokortista ja yhdestä PLC:stä. Voimalaitoksen aliverkot ovat yhteydessä yhteen verkkokorttiin, josta rajapinta PLC kopioi ne CPU:n kautta toiseen verkkokorttiin, johon asiakkaan järjestelmät ovat yhteydessä. Tällä tavalla asiakas näkee vain toiseen verkkokorttiin kirjoitetut tiedot, eikä voi vaikuttaa voimalaitokseen järjestelmiin. Kuva rajapinta PLC:n toimintaperiaatteesta on esitetty kuvassa 17. (Seilo Consulting Projektit 2017.)



KUVA 17. Rajapinta PLC:n toimintaperiaate

Rajapinta PLC:n etuina on kohtuullinen hinta verrattuna COM600-yksikköön ja vahva tietoturva. PLC:n konfiguroiminen on yksinkertaista, sillä rajapinta PLC:n ohjelmaksi riittää pelkkä tiedonsiirtokomento, kuten MOVE-lohko, joka siirtää tietopaketteja verkkokortilta toiselle. PLC:n Haittapuolena on hyvin rajoitettu määrä tuettuja kommunikointiprotokollia, käytetystä PLC:stä riippuen. Jos PLC ei tue historiatoimintoja, se ei tallenna siirrettyjä tietopaketteja (Seilo Consulting Projektit 2017). Esimerkki rajapinta PLC:stä on esitetty kuvassa 18.



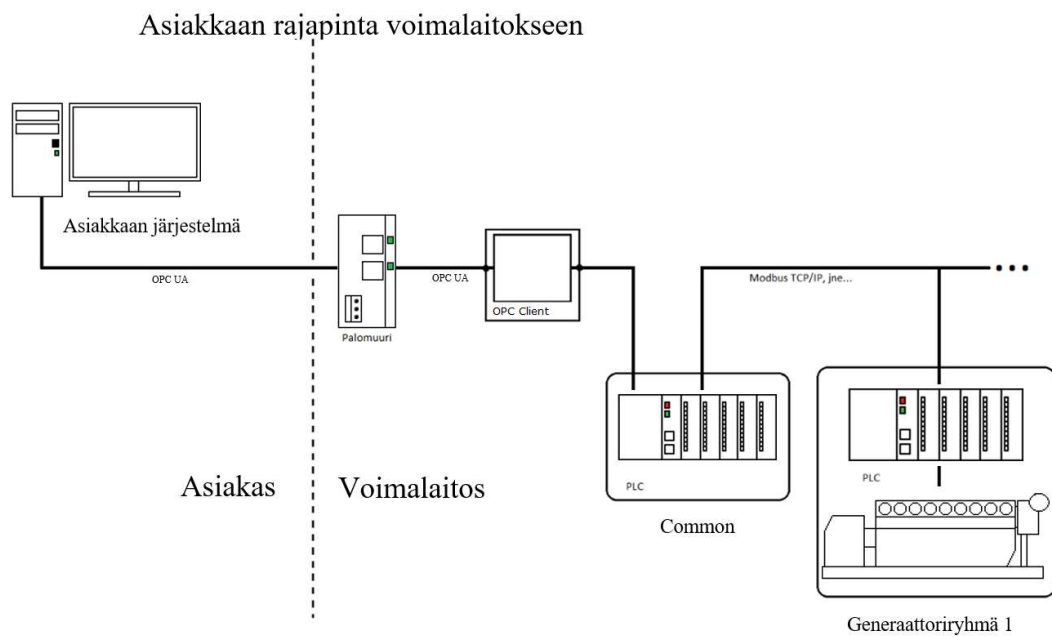
KUVA 18. Tyypillinen PLC kommunikointirajapintalaitteena

6.3 OPC UA ja palomuri-yksikkö

OPC UA -toteutuksissa yhteyden luonti toteutetaan erillisellä palomuri-yksiköllä, jonka kautta voimalaitoksen järjestelmää hallitseva PLC on yhteydessä voimalaitoksen ulkopuolelle. Järjestelmästä lähtevä signaali siirtyy voimalaitokseen lisätyn OPC UA Client -ohjelmiston kautta asiakkaan tietokoneelle, jossa on tarvittava OPC UA Server -ohjelmisto. Palomuri-yksikkö antaa muodostaa yhteyden, vain jos asiakkaan tietokoneen IP-osoite vastaa palomuri-yksikköön asetettuja. Esimerkki palomuri-yksiköstä on esitetty kuvassa 19. OPC UA -toteutuksen periaatekuva on esitetty kuvassa 20.



KUVA 19. Tyypillinen palomuri-yksikkö



KUVA 20. OPC UA viestintä palomuurin kautta

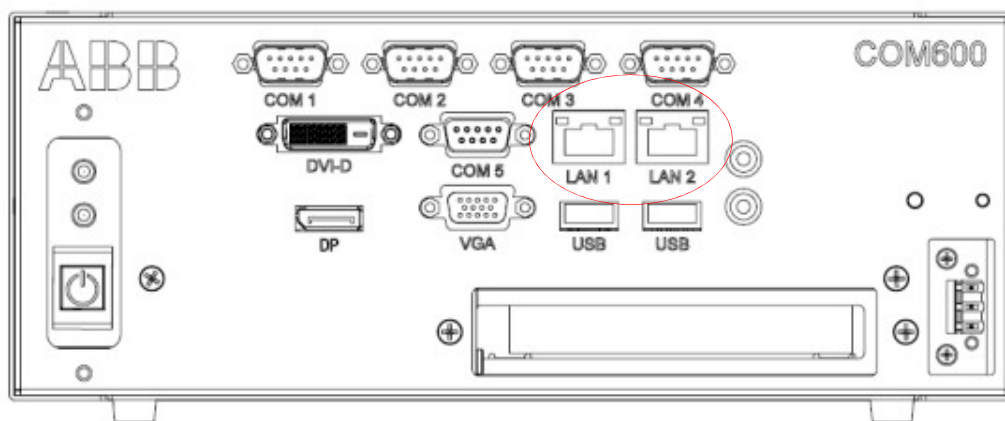
OPC UA:n ja palomuurin käytön etuja ovat edullinen hinta, yksinkertainen konfigurointi ja mahdollinen yhteys Internetiin. OPC UA -toteutustavan huonoja puolia on, ettei muita kommunikointiprotokollia voida välittää ja mahdolliset Internet-yhteyden tuomat tietoturvariskit.

7 KOMMUNIKOINTILAITTEISTON LIITTÄMINEN JÄRJESTELMÄÄN

Kommunikointirajapinnan laitteiden käyttöönotto pitää sisällään niiden konfiguroinnin, toiminnan testauksen ja vianetsinnän, ongelmatilanteiden ilmentyessä. Laitteiden fyysinen kytkentä ja käyttäjännitteen liittäminen kuuluvat sähköasentajan tehtäviin. Tämä kapale keskittyy vain kommunikointirajapintalaitteiston käyttöönottoon.

7.1 COM600-yksikön liittäminen kommunikointijärjestelmään

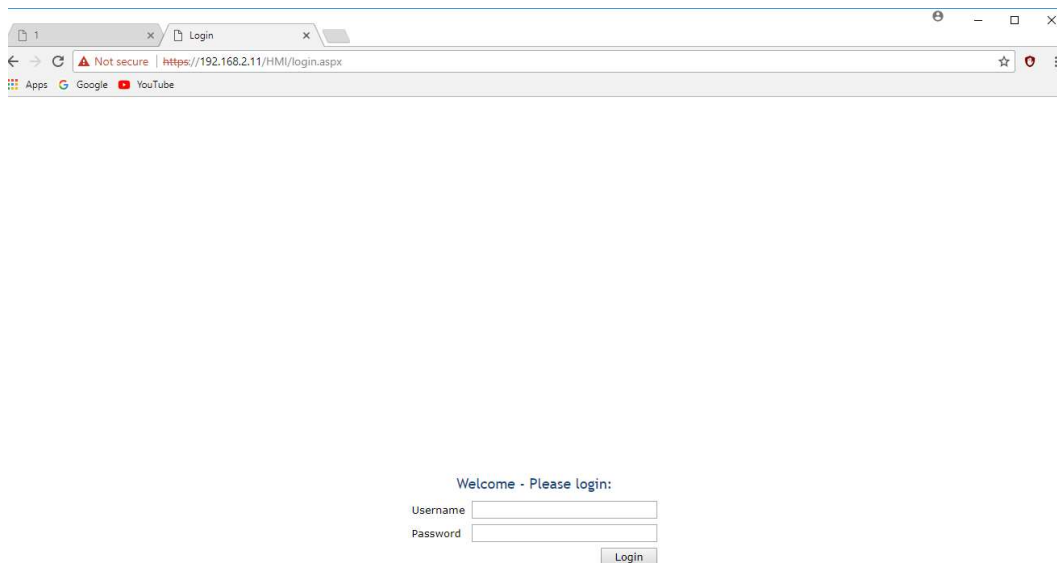
Jännitteen kytkemisen jälkeen kytketään kommunikoimiseen käytetyt Ethernet-kaapelit yksikön RJ45-portteihin. COM600-yksikön palomuriin on asetettu eri profiilit laitteen kahdelle verkkokortille. Ensimmäinen RJ45-portti, eli LAN1, on LAN-verkkokäyttöä varten. Tähän porttiin tuodaan Ethernet-kaapeli verkkokytkimeltä, jonka alla on luettavat IED-laitteet sekä insinööriyöasema. Toinen RJ45-portti, eli LAN2, on Remote LAN-portti, johon yhdistetään COM600-yksiköstä lukevat laitteet, kuten valvomotietokone. COM600-yksikön verkkokortteja voidaan käyttää molemmissa tehtävissä, mutta tämä vaatii muutoksia COM600-yksikön palomuurin asetuksiin. COM600-yksikön fyysiset liittimet voidaan nähdä kuvasta 21. (ABB COM600 User's Manual 2017.)



KUVA 21. COM600-yksikön liittännät (COM600 series 5.0 User's Manual 2017, 29)

Ennen kuin COM600-yksikkö kytketään fyysisesti kommunikointiverkkoon, tulee se ensin liittää insinööriyökaluun. Tämä tapahtuu liittämällä konfigurointiin käytetty tietokone laitteen LAN1-verkkokorttiin, asettamalla tietokone COM600-yksikön verkkoon ja

yhdistämällä laitteen WebHMI-käyttöliittymään selaimen avulla. WebHMI-käyttöliittymän käyttäjätunnus ja salasana sekä laitteen IP-osoite on esitetty COM600-yksikön manuaalissa. WebHMI-käyttöliittymän näyttämä on esitetty kuvassa 22.



KUVA 22. WebHMI-käyttöliittymään kirjautuminen

Kirjautumisen jälkeen avautuu kuvan 23 mukainen sivu, josta nähdään COM600-yksikön tila. Tästä ikkunasta valitaan Kommunikointi-välilehti, josta voidaan muokata laitteen yhteysasetuksia.

The screenshot shows the ABB WebHMI-utility interface. The browser address bar indicates the URL is <https://192.168.2.11/HMI/application.aspx>. The page title is "COM600(station) - COM". The interface includes a navigation menu with "Communication" and "Users" options. The "Communication" menu is highlighted with a red circle. The main content area displays two tables:

System Information	
Description	Value
Product name	COM600
Product version	5.0
License version	5.0
Software version	5.0.6498.14783
Customer name	*****
Site	

System Diagnostics	
Description	Value
CPU Usage	0,00 %
CPU Package Temperature (°C)	34
CPU Core Temperatures (°C)	34 33 32 29
Physical Memory Total (MB)	8 070
Physical Memory Available (MB)	7 025
Disk Total (MB)	118 285
Disk Free (MB)	100 972
Disk Read (B/s)	0
Disk Write (B/s)	27 514
Disk Temperature (°C)	31
Network Received [Remote] (B/s)	0
Network Sent [Remote] (B/s)	0
Network Received [Local] (B/s)	4 372
Network Sent [Local] (B/s)	7 911

KUVA 23. WebHMI-käyttöliittymän etusivu

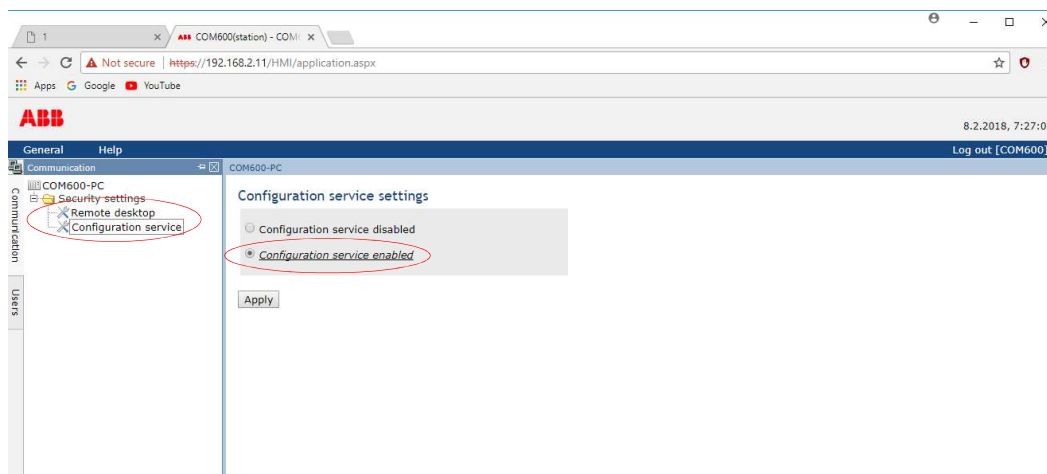
Kommunikointi-välilehdeltä valitaan etäyhteys päälle ja sallitaan COM600-yksikön konfigurointi. Etäyhteyden asettaminen on esitetty kuvassa 24 ja konfiguroinnin salliminen kuvassa 25.

The screenshot shows the ABB WebHMI-utility interface with the "Communication" menu selected. The "Remote desktop" option is highlighted with a red circle. The "Remote desktop settings" dialog box is open, showing the following options:

- Don't allow connections to COM600 computer
- Allow connections
- Allow only secure connections

The "Allow connections" option is highlighted with a red circle. Below the options is an "Apply" button. A note at the bottom states: "A firewall exception will be automatically added when remote desktop connections are enabled."

KUVA 24. Etäyhteyden asettaminen



KUVA 25. Konfigurointityökalun salliminen

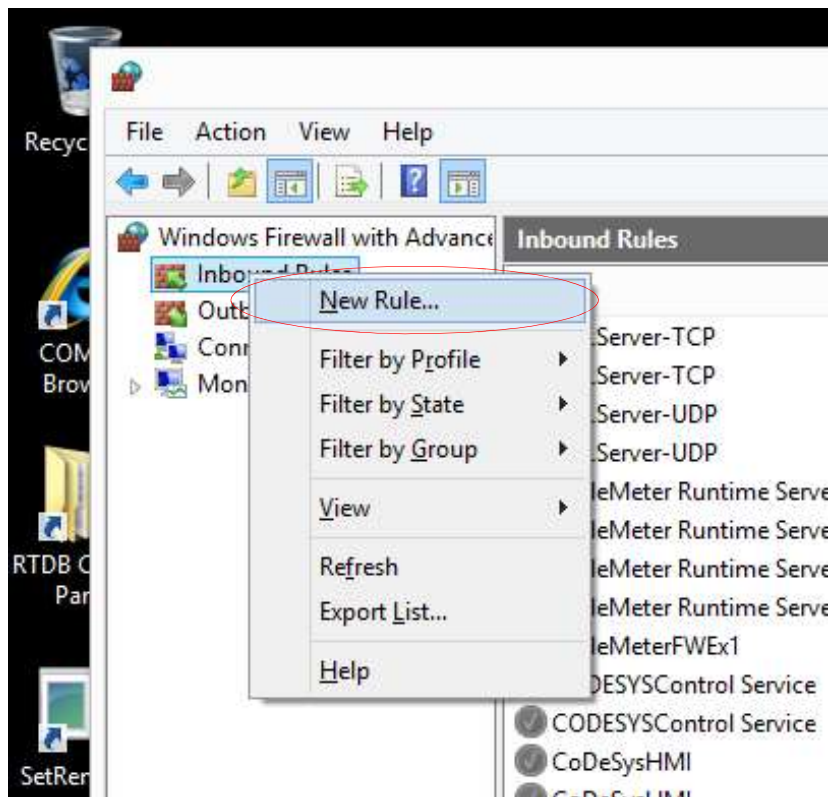
Kun yhteydet on sallittu, siirrytään COM600-yksikön etäkäyttöön Windows-käyttöjärjestelmän omalla etäkäyttö-työkalulla. Etäkäyttö-työkalulle asetetaan COM600-yksikön vakio IP-osoite ja kirjaudutaan samoilla käyttäjätunnuksilla, kuin WebHMI-käyttöliittymässä. Yhteyden muodostaminen on esitetty kuvassa 26.



KUVA 26. Etäyhteyden muodostaminen COM600-yksikköön

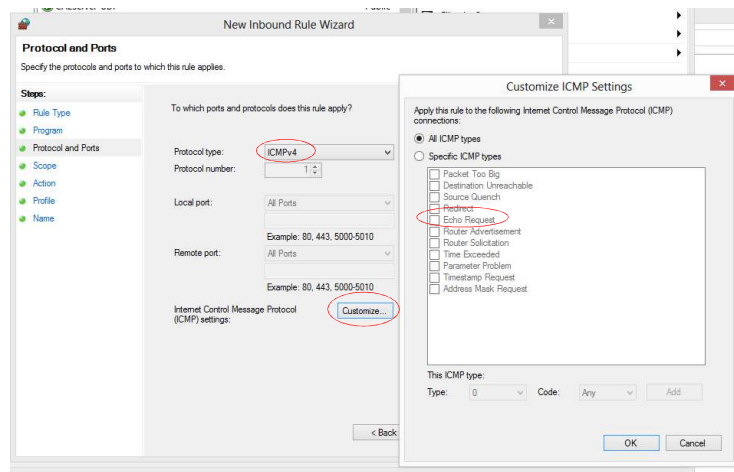
Etäyhteyden muodostamisen jälkeen voidaan muuttaa COM600-yksikön asetuksia laitteen sisällä. Ensimmäiseksi muokataan COM600-yksikön palomuurin asetuksia siten, että Windows-käyttöjärjestelmän CMD-komentorivillä voidaan kokeilla yhteyden toi-

mintaa Ping-komennolla. Tällä Ping-komennolla voidaan kokeilla yhteyden kuntoa laitteiden välillä kommunikointiverkoissa. Tämä muutos tehdään lisäämällä sääntö tulevaan kommunikointiin. Tämä on esitetty kuvassa 27.

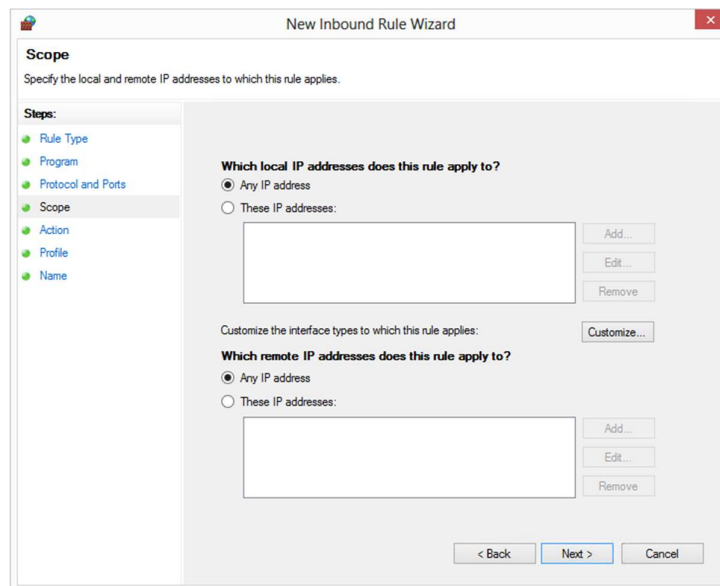


KUVA 27. Poikkeuksen lisääminen palomuriin

Tähän sääntöön valitaan ICMPv4 protokollan kommunikointi ja valitsemalla sallitut viestityypit. ICMPv4 on yksi TCP/IP-kommunikointiprotokollan yhteyden muodostamiseen käytetty protokolla. Tässä tapauksessa valitaan Echo Request -toiminto, joka sallii Ping-yhteydenottopyynnöt. Samaan sääntöön voidaan asettaa mistä IP-osoitteista ICMPv4 viestit sallitaan ja mihin COM600-yksikön portteihin viestit voidaan vastaanottaa. Sääntöön asetukset on esitetty kuvassa 28 ja 29. (COM600 series 5.0 User's Manual 2017, 41.)



KUVA 28. ICMPv4 viestien salliminen



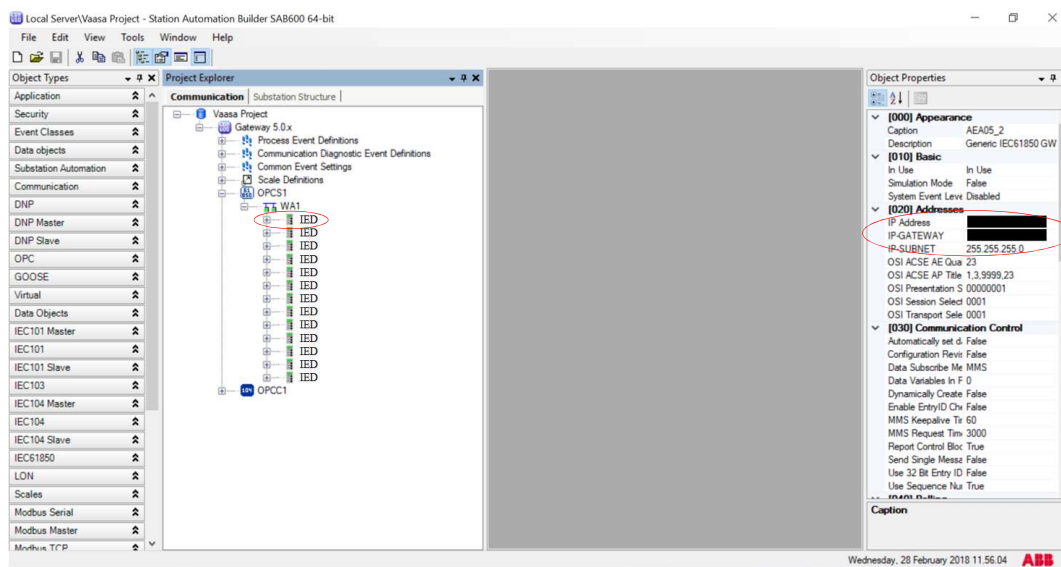
KUVA 29. Säännön IP-osoitteen asetukset

Kun COM600-yksikön yhteydet ja Ping-toiminto on sallittu sekä IP-asetukset ovat voimalaitoksen tietoverkon mukaiset, voidaan COM600-yksikkö kytkeä voimalaitoksen kommunikointiverkkoon.

7.1.1 Projektin lisääminen COM600-yksikköön

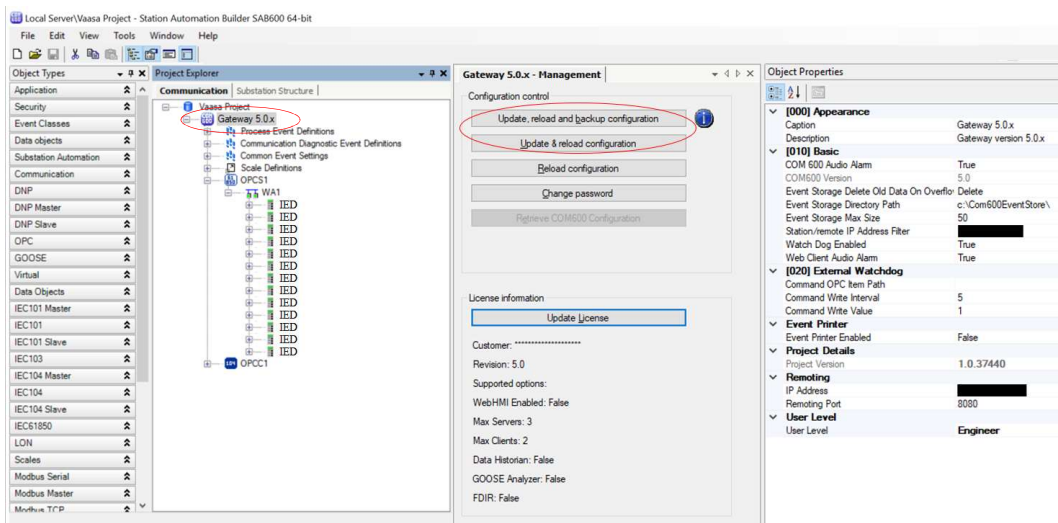
Projektia lisätessä tulee tarkistaa COM600-yksikön versio ja käyttää vastaavaa SAB600-ohjelmointiohjelman versiota. Kun käytössä on vastaava SAB600-ohjelma, avataan kohteen SCL-tiedosto. Tämä tapahtuu valitsemalla projektien managerointi -työkalu ja valitsemalla haluttu SCL-tiedosto. Valinnan jälkeen ladataan kyseinen projekti ohjelmaan.

Kun projekti on valittu ja ladattu. Avautuu kuvan 30 mukainen valikko, josta nähdään kaikki kyseisen projektin laitteet sekä tiedoston Gateway-versio. IED-laitteiden ja aliverkkojen IP-osoitteet on hyvä tarkistaa ennen latausta COM600-yksikköön.



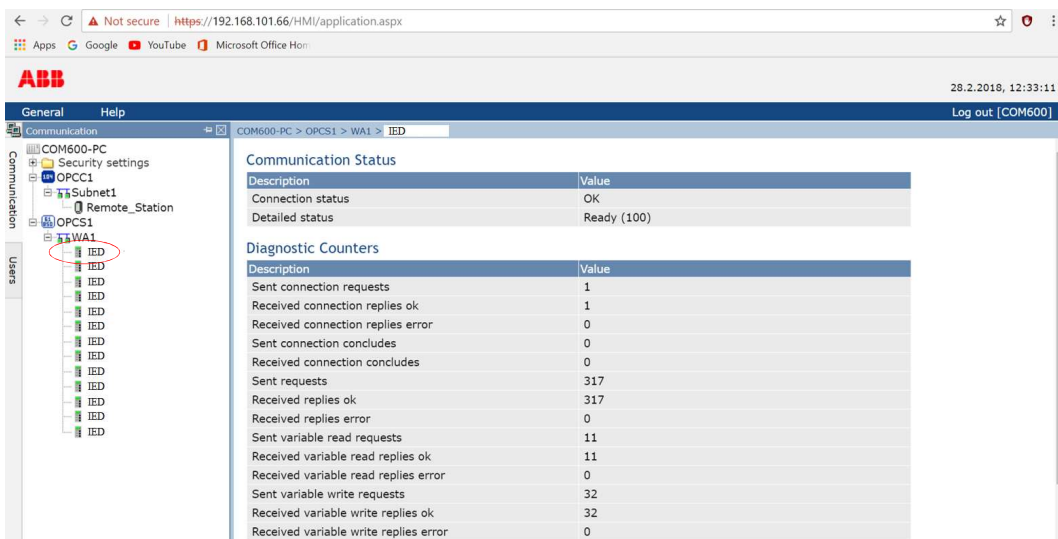
KUVA 30. Avattu projekti SAB600-ohjelmassa

Projektin lataaminen tapahtuu valitsemalla Gateway-objekti ja managerointi-työkalu. Tämän jälkeen avautuu latausvaihtoehdot COM600-yksikköön sekä yleiset asetukset. Lataus COM600-yksikköön tapahtuu kuvan 31 esittämällä tavalla.



KUVA 31. Projektin managerointi-valikko

Kun projekti on ladattu COM600-yksikköön, projektin IED-laitteet ovat verkossa ja konfiguroitu, voidaan tarkastella projektin laitteiden yhteyksiä COM600-yksikön WebHMI-käyttöliittymästä. WebHMI-käyttöliittymästä voidaan seurata, että valitun IED-laitteen kommunikointi toimii COM600-yksikön kanssa. Tämä on esitetty kuvassa 32.

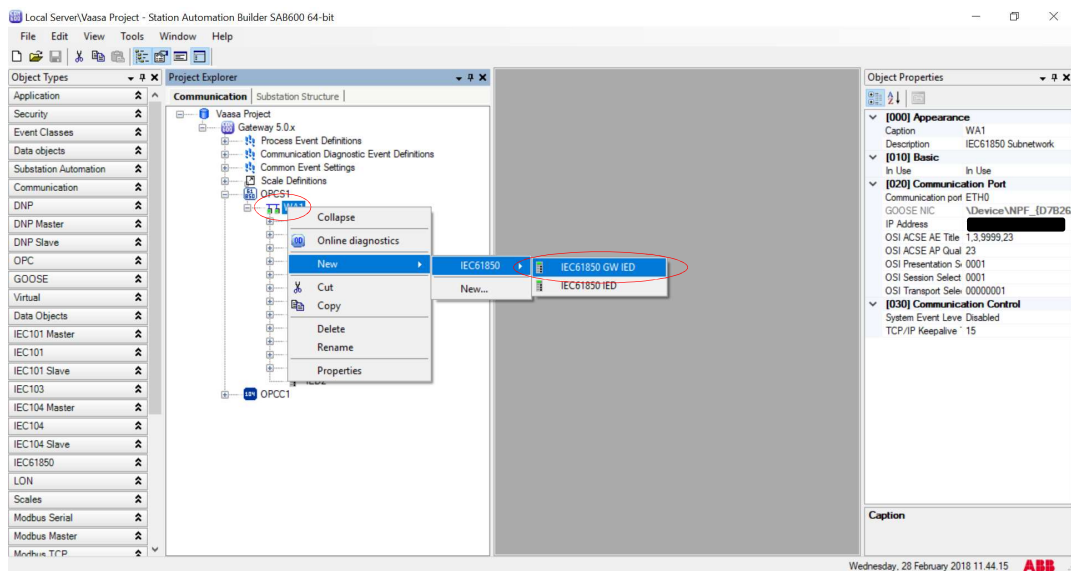


KUVA 32. Yhteyden tarkistaminen WebHMI-käyttöliittymästä

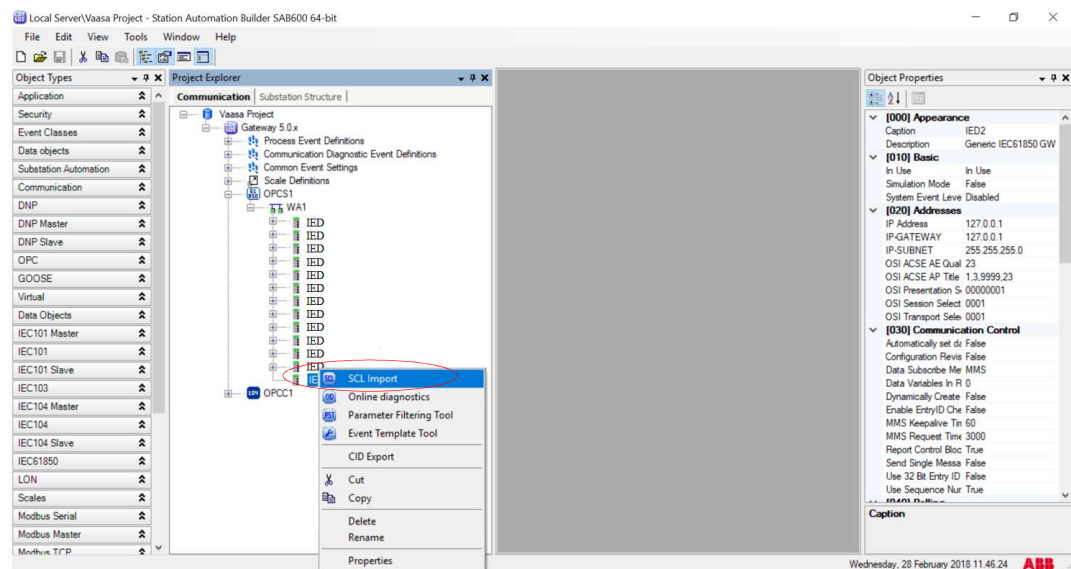
7.1.2 Laitteiden lisääminen projektiin

Uuden laitteen lisääminen SAB600-projektiin tapahtuu lisäämällä käytettävän protokollan palvelimelle uusi IED-laite. Tämän jälkeen valitaan kyseisen IED-laitteen kohdalta

Import SCL-työkalu. Seuraavaksi valitaan halutun laitteen SCL/SCD-tiedosto. Laitteen lisäys on esitetty kuvassa 33 ja SCL-tiedoston lataaminen kuvassa 34.



KUVA 33. IED-laitteen lisäys projektiin

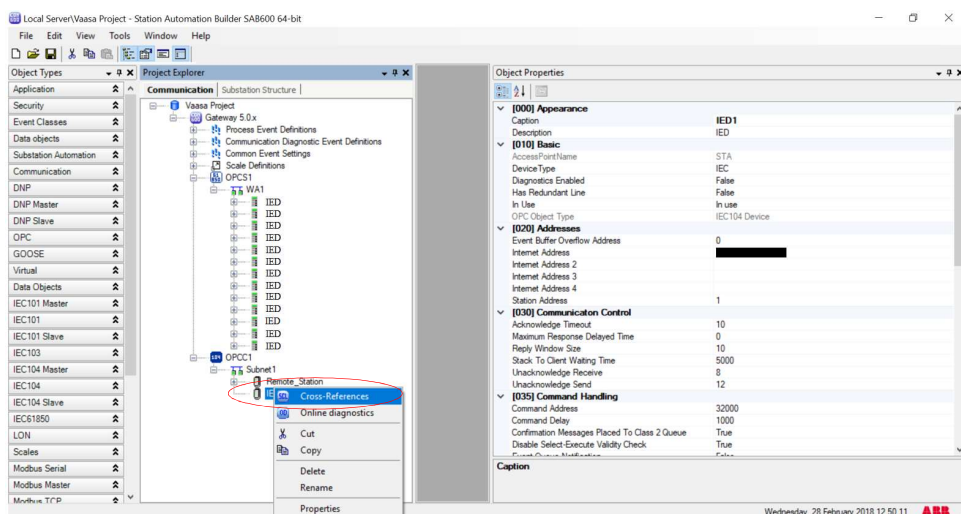


KUVA 34. SCL-tiedoston lataus

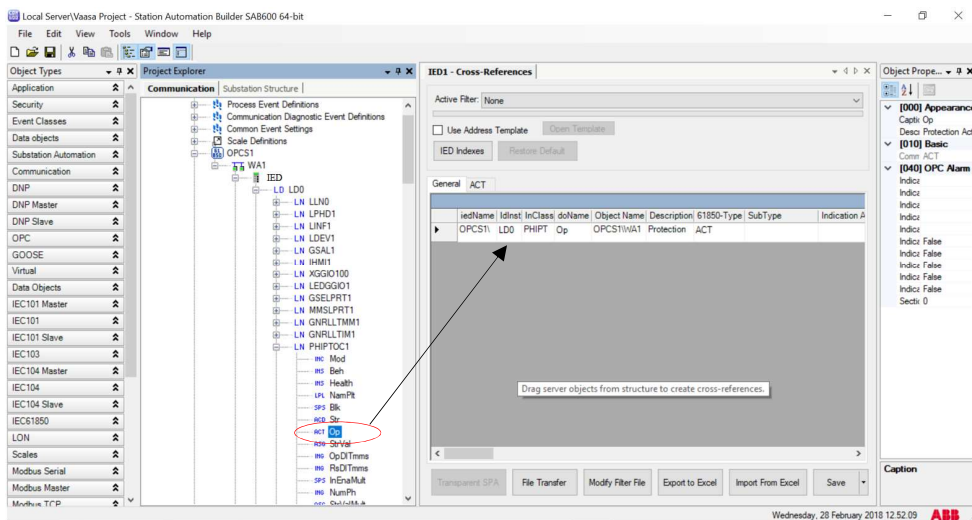
Kuvan 34 SCL tiedostona voi käyttää joko laitekohtaista SCD/CID-tiedostoa, tai SCL-projektitiedostoa, jonka lataamisen jälkeen valitaan tuotava IED-laite. Kun haluttu laite on ladattu projektiin, on hyvä tarkistaa, että sen IP-osoite on oikein. Lopuksi ladataan projekti COM600-yksikköön ja tarkistetaan laitteen kommunikoinnin toiminta WebHMI-käyttöliittymän kautta.

7.1.3 Signaalien luku projektista

Kun COM600-yksikköä käytetään protokollamuunnoksissa, tarvitsee muunnettavat signaalit olla määritetty SAB600-ohjelmaan. COM600-yksikköön luetut signaalit tulevat IED-laitteiden SCD-tiedostoista, joten ne tulee olla konfiguroitu IED-laitteilla ennen lisäämistä COM600-yksikköön. Kaikki IED-laitteiden signaalit voidaan muuntaa siirtämällä yksittäiset IED-laitteet OPC Client -objektin alle. Yksittäisten signaalien siirtäminen tapahtuu Cross-References-työkalun avulla. Cross-References-työkalu avataan valitsemalla OPC Client -objekti ja valitsemalla Cross-References-työkalu. Työkalun avaaminen on esitetty kuvassa 35 ja signaalien lisäys kuvassa 36.

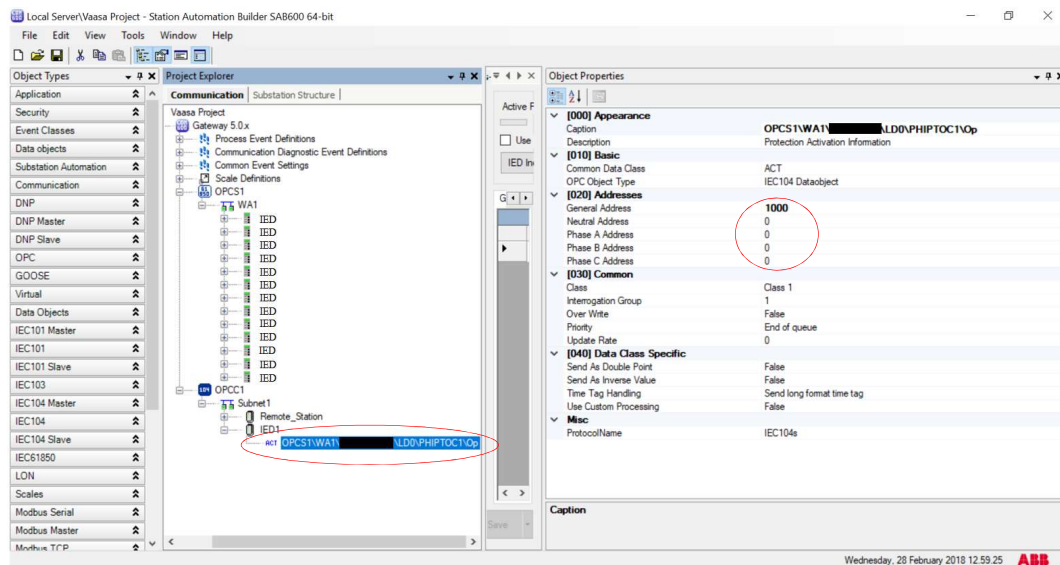


KUVA 35. Cross-References-työkalu



KUVA 36. Signaalien muuntaminen IEC104-protokollaan

Yksittäisten signaalien siirto OPC Client -objektille tapahtuu vetämällä haluttu signaali Cross-References-työkaluun. Kun halutut signaalit on siirretty. Asetetaan niille yksilöivät osoitteet ja tallennetaan muutokset. Tämän jälkeen signaalit ilmestyvät OPC Client -objektin alle. Tämä on esitetty kuvassa 37.



KUVA 37. Tallennettu signaali OPC Client

Kuvasta 37 voidaan nähdä lisätyn ACT-tyypin signaalin mahdolliset osoitteet. Signaalin mahdolliset osoitteet määräytyvät käytetyn kommunikointiprotokollan mukaisesti. ACT-tyypin signaali on binäärinen päällä/pois-tilaa ilmaiseva signaali IEC104-kommunikointiprotokollassa. Kuvan 37 signaalin General Address -osoite kertoo yleisestä releen laukeamisesta. Kyseisen signaalin vaiheille voidaan asettaa omat erilliset osoitteensa, joilla voidaan erotella laukaisutiedot vaihekohtaisesti. COM600-yksikölle lataamisen jälkeen voidaan signaalit lukea laitteesta käytetyllä kommunikointiprotokollalla, tässä tapauksessa IEC104-protokollalla.

7.1.4 COM600-yksikön käyttöönoton ongelmatilanteet

COM600-yksikön konfiguroinnin monimutkaisuudesta johtuen on mahdollista ajautua erilaisiin ongelmatilanteisiin. Ongelmatilanteet voidaan jakaa itse laitteen ongelmiin ja SAB600-ohjelmiston ongelmiin.

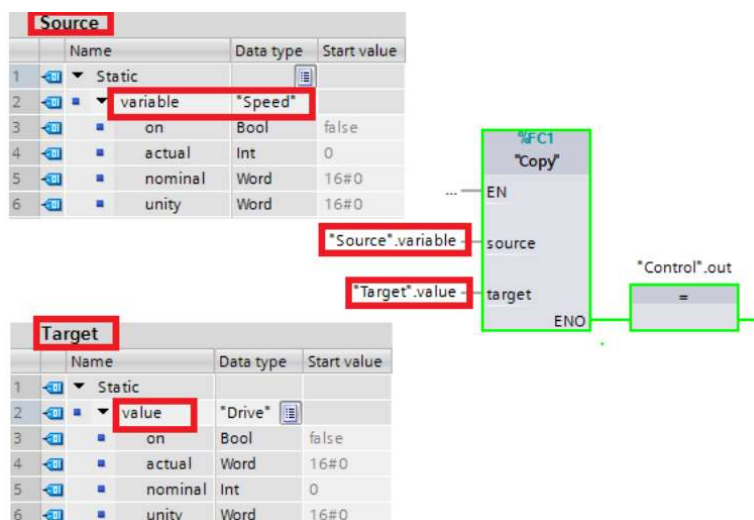
COM600-yksikön käyttöönoton tyypillisiä ongelmia voivat olla; Ping-komennon salliminen, yhteyden muodostaminen yksikön palomuurin läpi, insinööriökalun muutosten salliminen, signaalien vastaanottamisen tarkistus, yksikön eri ohjelmistojen käyttö, yksikön tarvitsemien lisenssien selvitys, kommunikointiprotokollan muutoksen tarkistus ja yksikön ajan synkronointi.

SAB600-ohjelman tyypillisiä ongelmia voivat olla; SAB600-ohjelmisto ei käynnisty, projektitiedosto ei aukea, projektin tuonti ei onnistu, SCL-tiedoston tuonti kaataa ohjelman, IED-laitteen SCD-tiedosto kaataa yhteyden COM600-yksikön ja IED:n välillä, objektia ei voida poistaa ohjelmassa, IED:n signaalille ei voi asettaa osoitetta, signaalin tyyppi on väärin, SCADA-järjestelmä ei tunnista signaalia.

Useimmat SAB600-ohjelmiston virheet ja ongelmatilanteet johtuvat Windows 10 käyttäjärjestelmästä. Markkinoilla oleva uusin SAB600 5.0-ohjelmisto on suunniteltu aikaisemmille Windows käyttäjärjestelmille, joten käyttöönotto on paras suorittaa joko Windows 7 -käyttäjärjestelmän omaavalla tietokoneella tai Windows 7 -virtuaalikoneella.

7.2 PLC kommunikoinnin rajapintalaitteena

PLC:n käyttö kommunikointirajapinnan toteutuksessa ei vaadi monimutkaista ohjelmaa. Käyttöönotto aloitetaan yhdistämällä insinööriökalu logiikkaan ja ladataan laitteen valmistajan konfigurointiohjelmalla ohjelma logiikkaan. Logiikalle ladattu ohjelma siirtää tietopaketteja MOVE- tai COPY-komennolla muistipaikasta toiseen. Käytetyt lohkot riippuvat käytetystä logiikasta. Kuvassa 38 on esitetty Siemens TIA Portal -ohjelmistolla toteutettu tyypillinen signaalin siirtäminen toiseen muistipaikkaan.



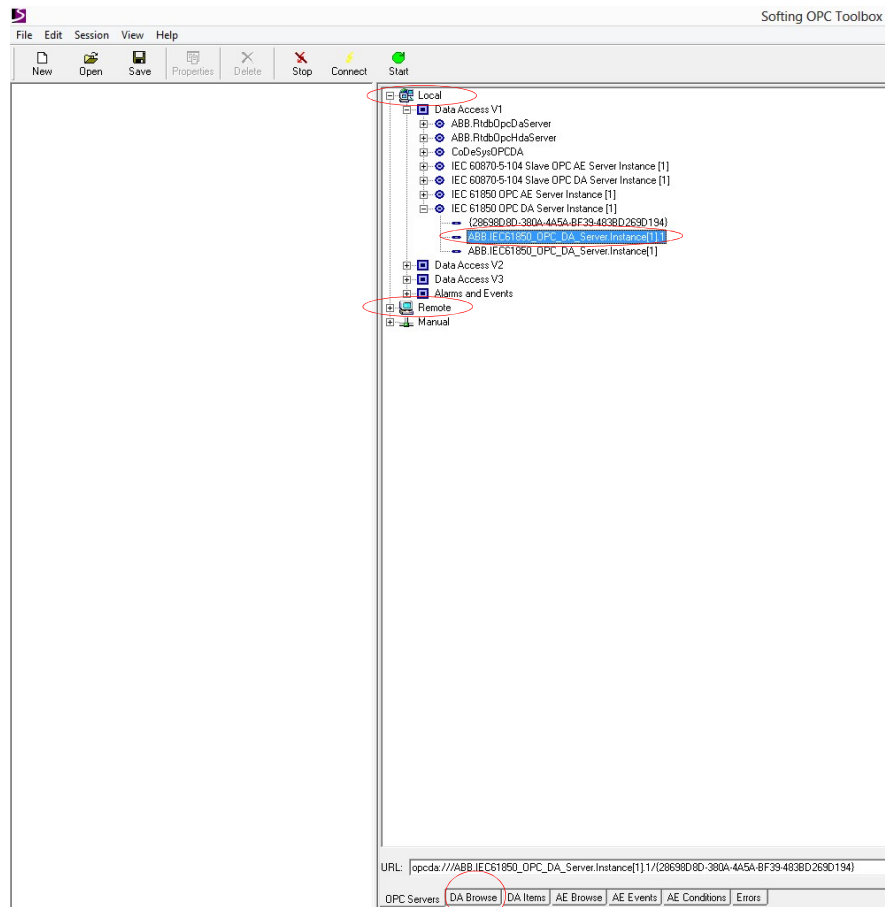
KUVA 38. Signaalin siirto verkkokortilta toiselle (Siemens Product Support 2016)

7.3 OPC UA ja palomuuri

OPC UA toteutuksissa käytetään Softing- tai MatrikonOPC Server/Client -ohjelmistoa, mikä löytyy tyypillisesti valvomotietokoneelta tai erilliseltä teollisuustietokoneelta. OPC UA -ohjelmiston käyttöönotossa tarkistetaan, että OPC UA Server vastaanottaa halutut signaalit voimalaitoksen järjestelmästä. Tämä tapahtuu muuttamalla signaalien arvoja kenttälaitteissa ja seuraamalla OPC UA Client -ohjelmistolla, että signaalin arvo muuttuu.

7.3.1 Signaalien luku Softing Client -ohjelmistolla

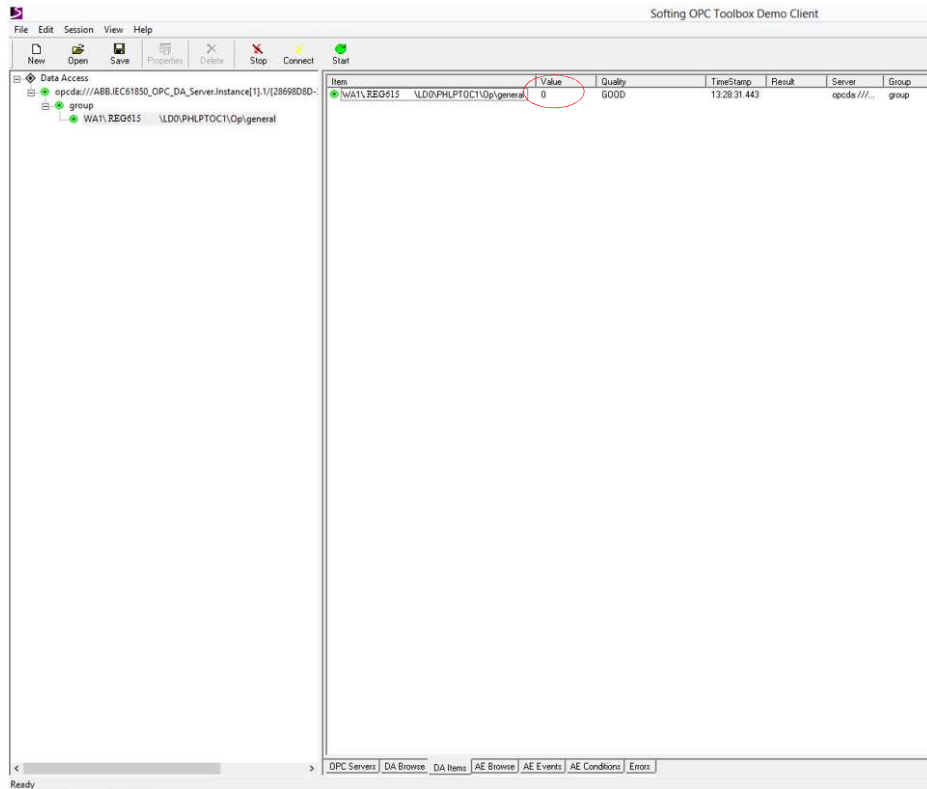
Softing OPC Client -ohjelmistolla voidaan lukea kaikkia OPC UA Server -ohjelmiston signaaleja. Signaalien luku tapahtuu valitsemalla OPC UA Server -ohjelmiston polku Softing OPC Client -ohjelmistossa. Softing OPC Client näyttää kaikki tietokoneelta löytyvät OPC Server -ohjelmat. OPC UA Server -ohjelmiston valinta on esitetty kuvassa 39.



KUVA 39. Tietokoneella sijaitseva OPC Server

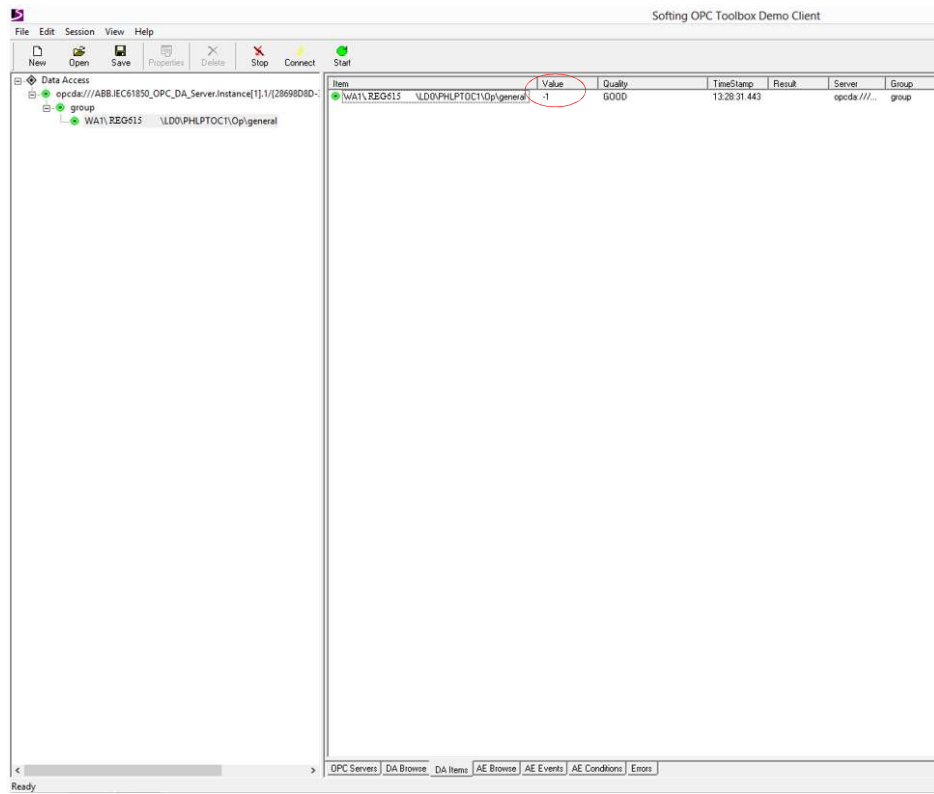
Kuvassa 39 valittava OPC Server voi sijaita samalla koneella kuin Softing OPC Client. Jos OPC Server sijaitsee toisella koneella, etsitään se Remote-valikosta. Seuraavaksi siirrytään kuvan 39 alareunassa näkyvälle DA Browse -välilehdelle, josta valitaan halutut IED-laitteiden signaalit. Tämä välilehti on esitetty kuvassa 40 ja 41.

ylivirtareleen laukaisutiedosta. Tätä signaalin muutostilaa voidaan tarkistella DA Items -välilehdeltä, joka on esitetty kuvassa 42.



KUVA 42. REG615-suojareleen ylivirtareleen laukaisutieto

Kuvasta 42 voidaan nähdä, että signaalin laatu on Good, eli signaali luetaan oikein Softing OPC Client -ohjelmistoon ja että ylivirtarele ei ole lauennut. Kun REG615-suojareleeltä simuloidaan ylivirtaa, laukeaa ylivirtarele. Ylivirtareleen laukeamistieto nähdään aikaleiman kanssa kuvasta 43.



KUVA 43. REG615-suojareleen ylivirtareleen laukaisutiedon muutos

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kommunikointirajapinnan määrittäminen asiakkaan ja voimalaitoksen välillä. Tehtävä piti sisällään selvitystyön rajapinnan toteuttamiseen käytetyistä laitteista ja käytetyistä kommunikointiprotokollista. Laitteita ja kommunikointiprotokollia tuli verrata keskenään ja selvittää niiden erot. Tämän lisäksi tuli kirjoittaa käyttöönotto-opas rajapinnan toteutukseen käytetyistä laitteista, jonka pääpainona oli COM600-yksikkö.

Työ aloitettiin selvittämällä kommunikointiprotokollien käyttötarkoitukset, automaatiojärjestelmän tietoverkkojen erot, tietoturvan merkitys sekä tutustumalla COM600-yksikköön. Seuraavaksi liitettiin COM600-yksikkö osaksi voimalaitoksen automaatioverkkoa, jossa sen kautta luettiin REG615-releiden tietoja valvomotietokoneelle. COM600-yksikkö käänsi releiden IEC 61850 -kommunikoinnin onnistuneesti valvomon vaatimalle IEC 60870-5-104-protokollalle. Kun COM600-yksikkö oli saatu toimimaan kommunikointirajapintalaitteena, siirryttiin näiden materiaalien perusteella tekemään käyttöönotto-opasta.

Työn tekemiseen kuluneen kevään aikana päästiin tutustumaan voimalaitoksen automaatiojärjestelmään, jonka perusteella opittiin paljon automaatiojärjestelmän toteutuksesta ja sen asettamista haasteista laitteiden väliselle kommunikoinnille. COM600-yksikkö tuli työn aikana hyvin tutuksi, useat manuaalit ja käytännönläheinen oppimisympäristö takasivat, että suurin osa laitteen toiminnoista rajapintalaitteena selvitettiin. Kommunikointiprotokollat tuottivat suurimmat haasteet, useimmat luotettavat oppaat aiheista ovat maksullisia, joten tiedonhaku aiheesta oli haastavaa. Suurin osa kommunikointiprotokollien tiedonhausta toteutui Tampereen ammattikorkeakoulun verkkokirjastosta. Käyttöönotto-opaan luomiseen saatiin paljon materiaalia, kuten IED-laitteiden yhdistämisestä COM600-yksikköön sekä tähän liittyvistä virhetilanteista. Suurimmat työn aikana ilmenneet ongelmat olivat yhteyden muodostaminen COM600-yksikköön sekä projektitiedostojen tuonti SAB600-ohjelmistoon. Useimmat SAB600-ohjelmiston virhetilanteet aiheutuivat kuitenkin insinööriyöasemana käytetystä tietokoneesta, jossa oli Windows 10 -käyttöjärjestelmä. Projektin tuonti ohjeiden mukaisesti SAB600-ohjelmaan ei toiminut PLC:n ja OPC UA Server/Client -ohjelmistojen käyttö kommunikointirajapinnassa ovat

paljon yksinkertaisempia, kuin COM600-yksikön käyttöönotto, joten niiden selvitystyö jäi vähemmälle.

Oppimisen kannalta kommunikointirajapinnan määrittäminen oli erinomainen, työn aikana käytetyt kommunikointiprotokollat sekä voimalaitoksen automaatiojärjestelmä tulivat tutuiksi. Rajapinnan toteuttamiseen käytetyt laitteet ja niiden käyttöönotto tiivistettiin yrityksen käyttöön tulevaan käyttöönotto-oppaaseen, jonka avulla opinnäytetyön aikana opitut asiat voidaan jakaa muille yrityksen työntekijöille. Nopeuttaen kommunikointirajapinnan toteuttamista asiakkaan ja voimalaitoksen välille.

LÄHTEET

ABB. 2017. COM600 series 5.0 Cyber Security Deployment Guideline. Manuaali. Julkaistu 13.03.2015. Päivitetty 24.05.2017. Luettu 16.12.2017.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758267&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB. 2017. COM600 series 5.0 Master Protocols (Ethernet) and Applications Configuration and Operation Manual. Manuaali. Julkaistu 24.05.2017. Luettu 7.12.2017.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758689&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB. 2017. COM600 series 5.0 Operator's Manual. Manuaali. Julkaistu 13.02.2009. Päivitetty 24.05.2017. Luettu 10.12.2017.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS756705&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB. 2017. COM600 series 5.0 Slave Protocols (Ethernet based) and Applications Configuration and Operation Manual. Manuaali. Julkaistu 24.05.2017. Päivitetty 24.05.2017. Luettu 10.12.2017.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758691&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB. 2017. COM600 series 5.0 User's Manual. Manuaali. Julkaistu 16.10.2006. Päivitetty 24.05.2017. Luettu 12.12.2017.

https://library.e.abb.com/public/0e339a37912d46e7a5d10ad5857a8de9/COM600_series_5.0_usm_756125_ENL.pdf

Acromag. N.d. Introduction to Modbus TCP/IP. Manuaali. Luettu 23.12.2017.

https://www.acromag.com/sites/default/files/Acromag_Intro_ModbusTCP_765A.pdf

Clark, C. & Cobb, M. 2018. Firewall. Luettu 23.3.2018.

<https://searchsecurity.techtarget.com/definition/firewall>

Clarke, G. & Reynders, D. 2004. Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems. 1. painos. Oxford: Newnes.

Heikkilä, M. 2016. OPC UA automaation tiedonsiirrossa. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Inductive Automation. 2018. What is SCADA?. Esite. Luettu 10.04.2018.

<https://inductiveautomation.com/what-is-scada>

Krimaka. 2015. OSI ja TCP/IP-malli. Koulutusmateriaali. Luettu 13.12.2017.

<http://www.krimaka.net/tietotekniikka/verkko-ja-ethernet/osi-ja-tcp-ip-mallit.html>

Mackiewicz, R. E. 2006. Overview of IEC61850 and Benefits. Artikkel. Luettu 18.12.2017.

<http://morse.colorado.edu/~tlen5830/ho/Mackiewicz06IEC61850.pdf>

OPC Foundation. 1999. OPC Data Access Automation Specification. Manuaali. Julkaistu 03.02.1999. Luettu 01.02.2018.

https://www-bd.fnal.gov/controls/opc/OPC_DA_Auto_2.02_Specification.pdf

Seilo Consulting. 2017. Projektitiedostot. Luettu 23.3.2018.

Seilo Consulting. N.d. Palvelut. Luettu 23.3.2018.

<http://seiloconsulting.com/>

Siemens. 2016. Product Support. Luettu 25.2.2018.

[https://support.industry.siemens.com/cs/document/42603881/how-do-you-copy-memory-areas-and-structured-data-in-step-7-\(tia-portal\)-?dti=0&lc=en-US](https://support.industry.siemens.com/cs/document/42603881/how-do-you-copy-memory-areas-and-structured-data-in-step-7-(tia-portal)-?dti=0&lc=en-US)

SUBNET Solutions. 2018. Dictionary: Glossary of Terms. Luettu 9.4.2018.

<http://www.subnet.com/resources/dictionary/intelligent-electronic-device.aspx>

LIITTEET

Liite 1. Käyttöönotto-oppaan sisällysluettelo

Rami Tanhai
Seilo Consulting



Table of contents

1	Communication interface between the client and the power plant.....	4
2	COM600 Unit.....	5
2.1	Basic features.....	5
2.2	Connecting to COM600 unit.....	6
2.3	Configuration of COM600 unit.....	9
2.4	SAB600 Configuration software.....	10
2.5	Adding new devices to SAB600.....	12
2.6	Adding signals to SAB600.....	13
2.7	List of found errors and possible solutions.....	13
3	Gateway PLC.....	18
3.1	Basic features.....	18
3.2	Connecting to the gateway PLC.....	19
4	OPC Server/Client.....	20
4.1	Basic features.....	21
4.2	Testing the connection.....	22

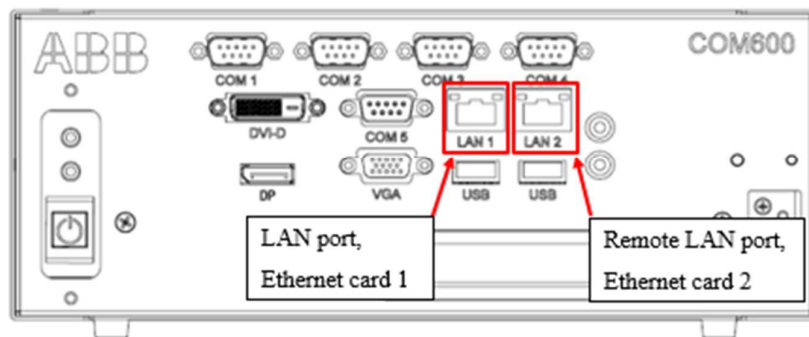
Liite 2. Ote käyttöönotto-oppaasta

Rami Tanhai
Seilo Consulting



Configuring of the LAN1 and LAN2 ports

Only the LAN1 port has been configured in the factory settings. To use the LAN2 port of the COM600 unit, it must be activated in “Network Connections” window of the control panel. After activation, the LAN2 port needs an IP address. This address should be predetermined and is used to access the COM600 unit remotely. LAN1 and LAN2 ports have different firewall setups predetermined in factory settings. LAN1 port uses the private network settings and LAN2 public network settings. This can be changed accordingly from the firewall settings. COM600 unit’s Ethernet ports can be seen from the picture 6.



PICTURE 6. COM600 unit’s Ethernet ports (COM600 series 5.0 User’s Manual)

Necessity of the LAN2 port

The use of the LAN2 port depends on the implementation of the COM600 and is not necessarily needed. LAN1 port is sometimes sufficient, as COM600 unit can be connected from within the power plants automation system, using the Microsoft’s “Remote Connection” tool. If only the LAN1 is used in the project, it’s firewall settings should be changed to a public network.

If the LAN2 port is not used, some of the communication protocols cannot be used, depending on the implementation of the communication network.