



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Veikko Mentula

# COM600 4.0 – UUDET OMINAISUUDET

Tekniikka ja liikenne  
2013

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa ABB Oy:n Prosessiteollisuus-yksikölle. Opinnäytetyön ohjaajana Vaasan ammattikorkeakoulussa toimi lehtori Olli Tuovinen. ABB Oy:llä valvojana toimi kauppatieteiden maisteri Christer Bertell. Haluan kiittää Prosessiteollisuuden henkilökuntaa teknisestä tuesta ja avusta, erityisesti kiitän Juha-Pekka Tytiä ja Timo Peltoniemeä.

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Veikko Mentula
Opinnäytetyön nimi	COM600 4.0 - uudet ominaisuudet
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	64
Ohjaaja	Olli Tuovinen

---

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan COM600 sähköasema-automaatiokontrollerin version 4.0 uusiin ominaisuuksiin ja perehdytään laitteen käyttöön. Työn tavoitteena oli käyttöönottaa ja testata uudet ominaisuudet sekä selvittää laitteen käyttömahdollisuuksia ABB Prosessiteollisuuden käyttökohteet huomioiden. Työstä ei ollut tarkoitus tehdä ohjekirjaa, sillä aiheesta löytyy useita hyviä manuaaleja. Työssä esitellään silti muutamia vinkkejä, joista on hyötyä COM600-projektin rakentamisessa.

Testilaitteisto rakennettiin Prosessiteollisuuden tiloihin. Suurin osa ajasta kului projektin rakentamiseen COM600:lla, laitteiston käyttöönotossa ja laitteiden asettelujen tekemisessä. Lähteinä on käytetty lähinnä ABB:n omia manuaaleja sekä koulutusmateriaaleja. Manuaalit ovat saatavilla internetistä. Yksi haasteista oli lähdemateriaaleissa esiintyvien englanninkielisten termien kääntäminen suomeksi, kaikille teknisille termeille ei löytynyt vakiintunutta suomennosta.

Työssä perehdytään myös pinnallisesti sähkönjakelun ohjaukseen, koska siihen käyttöön COM600 on tarkoitettu. Myös COM600:n perusominaisuudet esitellään. Aihe on ajankohtainen prosessien sähköistysten automaation sekä kaukokäyttöjen yleistyessä. Kaikki tärkeimmät uudet ominaisuudet saatiin toimimaan.

## ABSTRACT

Author	Veikko Mentula
Title	COM600 4.0 - new functions
Year	2013
Language	Finnish
Pages	64
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

---

In this thesis the new functions of COM600 version 4.0 are presented. COM600 is a grid automation controller made by ABB. The new version of the device is published in 2012. The purpose of this thesis was to commission and test the new functions. Other targets were building of a COM600 project and testing the functionality of the device. The thesis was made for the ABB Project Industry division.

The main sources of information were the manuals and training material of ABB. The test project was built in the facilities of the Process Industry. Most of the time was spent to build the COM600 project. The subject is topical because the automation and remote control of electrical distribution are growing up.

As a result of the thesis, the COM600 version 4.0 was commissioned and tested. In the tests all functions were found to work as they should.

---

Keywords                      COM600, electrical distribution, process electrification,  
remote control



# SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO .....	5
2	ABB -YHTYMÄ.....	6
2.1	ABB Suomessa .....	7
2.2	ABB Oy Prosessiteollisuus.....	8
3	SÄHKÖNJAKELUN OHJAUS.....	9
3.1	COM600 esittely .....	9
3.2	Kommunikaatioväylät .....	10
3.2.1	Ethernet .....	11
3.2.2	IEC 61850 .....	12
3.2.3	GOOSE .....	13
3.2.4	IP-protokolla, IP-osoitteet .....	15
3.2.5	OPC -rajapinta .....	16
3.3	Relesuojaus .....	17
3.3.1	IED - Intelligent Electronic Device .....	19
3.3.2	Katkaisijat.....	21
3.3.3	Erottimet.....	22
3.4	Tietoturva.....	23
3.4.1	Yleinen käsitys tietoturvasta .....	24
3.4.2	Tietoturva prosessinohjaustasolla.....	25
4	COM 600 PERUSOMINAISUUDET .....	27
4.1	Testilaitteisto.....	28
4.2	Käyttöönotto .....	29
4.3	Käyttökohteet.....	30
4.4	Laitteisto .....	32
4.5	Ohjelmisto.....	33
4.6	Web-pohjainen käyttöliittymä .....	34
4.7	SAB600 – substation automation builder.....	39

4.8	PCM600.....	41
5	COM600 4.0 UUDET OMINAISUUDET .....	42
5.1	Data Historian .....	42
5.2	Logic processor/ Soft plc .....	44
5.3	RIO600 I/O yksikkö .....	47
5.4	GAT - GOOSE Analyzer Tool .....	53
6	YHTEENVETO .....	57
	LÄHTEET .....	58

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1:</b> COM600 4.0 prosessitietokone /4/ .....	9
<b>Kuva 2.</b> Esimerkki IEC 61850 protokollan suojareleestä /15/ .....	12
<b>Kuva 3.</b> Johdotusten määrän vähentyminen väyläjärjestelmien kehittyessä /8/ ...	14
<b>Kuva 4.</b> RER620, REF615 ja REF610 suojareleet /6/ .....	17
<b>Kuva 5.</b> ABB MicroSCADA ohjattu kaukokäyttöjärjestelmä kahdella COM600 laitteella. ....	20
<b>Kuva 6.</b> VM1-tyhjökatkaisija magneettisella toimilaitteella /6/.....	21
<b>Kuva 7.</b> NPS1 erotin asennettuna sähköpylvääseen /6/ .....	22
<b>Kuva 8:</b> Suojaamattomien laitteiden määrä maata kohden prosentteina /16/ .....	26
<b>Kuva 9.</b> Testilaitteisto.....	28
<b>Kuva 10.</b> Työssä käytetty android-tabletti.....	28
<b>Kuva 11.</b> COM600 asennettuna ABB Unigear MW kojeistoon. /12/.....	30
<b>Kuva 12:</b> Liityntämahdollisuuksia /12/ .....	31
<b>Kuva 13.</b> COM600 liitännäspaneeli. ....	32
<b>Kuva 14.</b> Yksinkertainen SLD WEB-HMI ikkunassa .....	34
<b>Kuva 15.</b> WEB-HMI hälytykset .....	35
<b>Kuva 16:</b> WEB-HMI tapahtumat .....	36
<b>Kuva 17.</b> WEB-HMI:n mittaukset .....	37
<b>Kuva 18.</b> Wavewin disturbance record – ikkuna ja analysointityökalu. /3/.....	38
<b>Kuva 19:</b> Releen lisääminen SAB600 ohjelmaan.....	39
<b>Kuva 20:</b> SAB600-ohjelman SLD-editor .....	40
<b>Kuva 21.</b> PCM600 ohjelma .....	41
<b>Kuva 22.</b> Data Historian historia trendikäyrä .....	42
<b>Kuva 23.</b> Toteutetun logiikkaohjelman lohkokaavio .....	45
<b>Kuva 24.</b> CoDeSys logic editor työikkuna .....	45
<b>Kuva 25.</b> SLD jossa on käytössä CoDeSys logiikan ohjelma. ....	46
<b>Kuva 26.</b> RIO600 I/O – yksikkö. /5/ .....	47
<b>Kuva 27.</b> Signaalin kulku GOOSE-väylää pitkin .....	48
<b>Kuva 28.</b> RIO600 - yksikön digitaalitulot .....	48
<b>Kuva 29.</b> REF615 - releen hälytys .....	49
<b>Kuva 30.</b> GOOSE Datasetin luominen PCM600 ohjelmassa.....	50

<b>Kuva 31.</b> REF615 - releen konfiguraatio PCM600 – ohjelmassa.....	51
<b>Kuva 32.</b> PCM600 - ohjelman Signal Matrix - välilehti. ....	51
<b>Kuva 33.</b> Yksinkertaistetut ohjeet GOOSE - kommunikation luomiseen. /1/ ....	52
<b>Kuva 34.</b> GOOSE Connection Viewer. /2/.....	53
<b>Kuva 35.</b> GOOSE tapahtumalista /2/ .....	54
<b>Kuva 36.</b> GAT serverin luominen.....	55
<b>Kuva 37.</b> GOOSE Connection Editor – työkalu SAB600 ohjelmassa.....	56
<b>Kuva 38.</b> GOOSE connection viewer näkymä .....	56
<b>Taulukko 1.</b> COM600:n tukemat kommunikatio protokollat.....	10
<b>Taulukko 2:</b> Historiadatan tallennus- ja säilytysajat .....	43

## LYHENTEET JA TERMIT

HMI	Human Machine Interface, käyttöliittymä
SLD	Single Line Diagram, yksivaihekuva
IED	Intelligent Electronic Device, älykäs sähköverkon suojalaite
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event, IEC 61850 -standardin määrittelemä kommunikaatioprotokolla
GAT	GOOSE Analyzer Tool, työkalu GOOSE signaalien tarkkailuun
SVG	Scalable Vector Graphics, kaksiulotteisen webgrafiikan kuvauskieli, joka tukee vektorikuvia, bittikarttakuvia ja tekstiä
SCADA	Supervision Control and Data Acquisition, yleisnimitys kaukokäyttöjärjestelmille
MicroSCADA	ABB:n käytönvalvontajärjestelmä
DMS	Distribution Management System, käytöntukijärjestelmä
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
EMC	Electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
OPC	Open connectivity via open standards, avoin liitettävyys avoimilla standardeilla

## 1 JOHDANTO

Työssä tutkitaan COM600 sähköasema-automaatiokontrollerin (Grid Automation Controller) version 4.0 uusia ominaisuuksia, sekä esitellään laitteen käyttöä. Aihe on ajankohtainen, koska älykkäät sähköverkot (Smart Grid) ovat parhaillaan kehittymässä. Automaatiojärjestelmien tietoturva on tullut huomioon otavaksi asiaksi laitteiden kytkeydyttyä yleisiin tietoverkkoihin etäohjauksen vuoksi. COM600 -laitetta voidaan käyttää verkon valvontaan, ohjaukseen ja automaatioon. Sitä voidaan hyödyntää myös teollisuuden sähköjakelussa. ABB prosessiteollisuus on keskittynyt prosessien sähköistykseen. Tässä opinnäytetyössä selvitetään COM600:n mahdollisuuksia prosessiteollisuuden käyttötarkoitukseen.

Työssä testattiin myös tablet-tietokoneen soveltumista COM600:n ohjaukseen. Testikäytössä oli Asuksen Android-pohjainen tablet-tietokone.

## **2 ABB YHTYMÄ**

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB:n palveluksessa työskentelee noin 100 maassa yli 135 000 henkilöä, joista Suomessa noin 7 000.

ABB on teknologiajohtaja niin sähkövoima- kuin automaatioteknologiassa. Yhdeksässä maailmanlaajuisessa tutkimuskeskuksessa työskentelee noin 6 000 tutkijaa. Lisäksi ABB tekee tutkimusyhteistyötä noin 70 ammattikorkeakoulun ja yliopiston kanssa. /9/

## 2.1 ABB Suomessa

Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisuuden työnantajista, pääkaupunkiseudulla suurin. Liikevaihto on noin 2,3 miljardia euroa, ja tuotekehitykseen käytetään vuosittain noin 160 miljoonaa euroa. Suomessa ABB toimii yli 30 paikkakunnalla, ja yhtiö on Suomen suurin teollisuuden kunnossapitäjä. Tehdaskeskitymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa.

Helsingissä, Pitäjänmäellä sijaitsevat moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisut, tehdastietojärjestelmät ja kunnossapitopalvelut. Helsingissä Vuosaarella sijaitsevat sähköistys- ja automaattioratkaisut meriteollisuuteen, Azipod® -ruoripotkurijärjestelmät.

Vaasassa sijaitsevat moottorit, generaattorit, erikoismuuntajat, kytkintuotteet, releet, sähkönverkon ohjaus, valvonta ja automaatio, sähkönsiirto- ja jakelujärjestelmät, energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisut sekä tehdastietojärjestelmät. Porvoossa sijaitsee sähköasennustuotteet /9/

COM600 on kehitetty Vaasassa ABB Oy Medium Voltage Products – yksikössä. Se kuuluu tuotekategoriaan: sähköverkon suojaus- ja automaatiotuotteet, sähköasema-automaatio. /10/



## 2.2 ABB Oy Prosessiteollisuus

Prosessiteollisuus on prosessiautomaatio-osaston alayksikkö. Prosessiteollisuus on paperiteollisuuden kokonaisratkaisuihin ja sähköistysprojekteihin erikoistunut yksikkö. Prosessiteollisuus -yksikkö toimittaa energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisuja sekä tehdastietojärjestelmiä teollisuusasiakaille maailmanlaajuisesti. Kun uusia paperitehtaita ei enää Suomessa rakenneta, on yritys siirtynyt toimimaan myös ulkomailla. Metsäteollisuuden pääpaino on siirtymässä Aasiaan ja Etelä-Amerikkaan. /7/

Prosessiteollisuus mm. suunnitteli sähkönjakelun ja automaation Uruguayssa sijaitsevaan Metsä Botnian rakentamaan, nykyisin UPM-yhtiön omistaman Fray Bentosin sellutehtaaseen. Prosessiteollisuuden Vaasan yksikkö keskittyy prosessin sähköistykseen ja relesuojaukseen. /26/

Yksikön toimipisteet sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Oulussa ja Varkaudessa. Yksikön palveluksessa työskentelee Suomessa 230 henkilöä. /13/

## 3 SÄHKÖNJAKELUN OHJAUS

### 3.1 COM600 esittely

COM600 on ABB:n monipuolinen sähköasema-automaatiokontrolleri. Laitteessa yhdistyvät laitteiden välinen kommunikaatorajapinta, etäohjausmahdollisuudet, ohjelmointialusta ja käyttöliittymä. Kuvassa 1 on COM600 4.0 sähköasema-automaatiokontrolleri. COM600:n kautta suoritetaan ohjauksia joko paikallisesti hiirellä ja näppäimistöllä tai etänä WEB-HMI rajapinnan kautta. Sen voi kytkeä myös osaksi laajempaan kokonaisuuteen SCADA-järjestelmän ala-asemaksi. COM600 toimii yhdyskäytävänä (gateway) IED-laitteiden ja valvomon välillä. COM600:n kautta voi ohjata ja valvoa itsenäisesti erilaisia sähkönjakelujärjestelmiä, niin teollisuudessa kuin valtakunnallisessa sähköverkossakin. /4/



**Kuva 1:** COM600 4.0 prosessitietokone /4/

COM600 kykenee linkittämään sähkönjakelun automaation laajalti yhdeksi integroiduksi kokonaisuudeksi lukuisilla eri protokollilla. Järjestelmäarkkitehtuuri perustuu teollisuuden ethernet - standardeihin, kuten IEC 61850:aan. Integroitu sähkönjakelun automaatio tarkoittaa prosessinohjauksen, sähköistyksen, tehonhallinnan ja sähkönjakelun yhdistämistä samaan systeemiarkkitehtuuriin. /17/

### 3.2 Kommunikaatioväylät

COM600 tukee monia eri tiedonsiirtoväyliä, joista tärkein on IEC 61850. Tietoliikenneväylänä käytetään ethernetiä. Väyläjärjestelmät ovat korvanneet automaatiossa suoraa johdotusta, mikä helpottaa asennusta ja vähentää johdotusten määrää. ”Kovia” johdotuksia asennetaan tosin edelleen, etenkin vanhojen laitosten laajenuksissa.

**Taulukko 1.** COM600:n tukemat kommunikaatioprotokollat

Master protocol	Slave protocol
DNP3 LAN/WAN	DNP3 LAN/WAN
DNP3 serial	DNP3 serial
IEC 61850-8-1	IEC 61850-8-1
IEC 60870-5-101	IEC 60870-5-101
IEC 60870-5-103	
IEC 60870-5-104	IEC 60870-5-104
External OPC	External OPC
Modbus Serial	Modbus Serial
Modbus TCP	Modbus TCP
SPA	SPA router
MNS iS Connectivity	
SNMP	

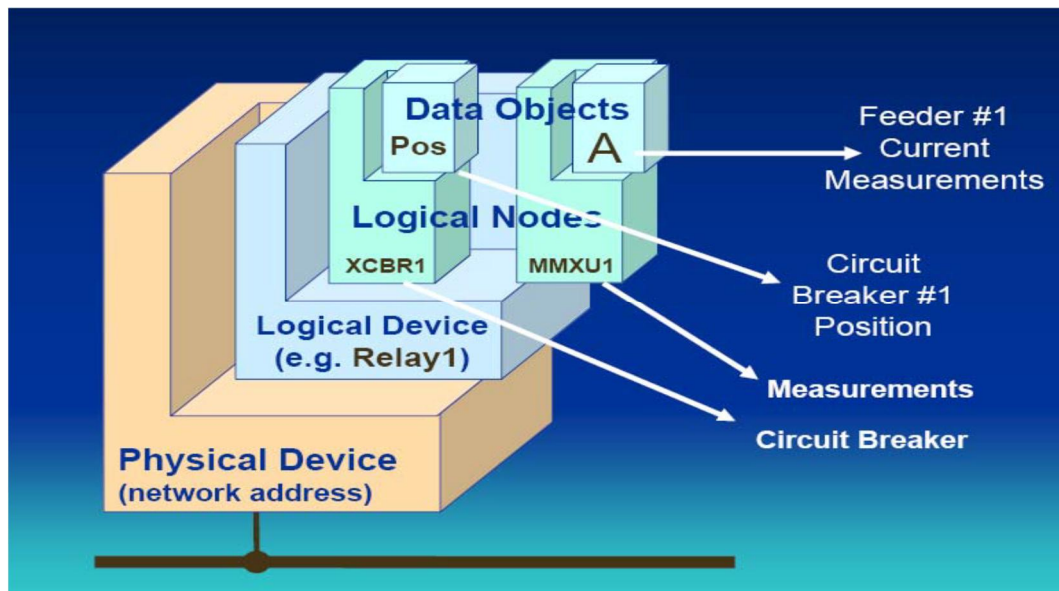
### 3.2.1 Ethernet

Ethernet kehitettiin alun perin lähiverkkoratkaisuksi (LAN) toimistokäyttöön. Ethernet on nykyään käytännössä ainoa LAN-standardi. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) huolehtii standardisoinnista (IEEE 802.3). Alkuperäisessä muodossaan ethernet ei ole deterministinen järjestelmä. Tämä on rajoittanut sen käyttöä teollisuuden väyläjärjestelmissä. Lukuisien parannuksien myötä ethernetistä on tullut luotettava järjestelmä. Muutosten ja lisäysten myötä ethernet soveltuu myös teollisuussovelluksiin ja -protokolliin. Ethernetin soveltaminen väyläjärjestelmiin alkoi vuosituhaten vaihteessa. Ethernet on vaikuttanut viime vuosikymmenen aikana automaation kehittymiseen merkittävästi. /21/

Alkuperäinen siirtomedia oli koaksiaalikaapeli, jota ei enää käytetä. Yleisin käytettävä siirtomedia on parikaapeli RJ45-liittimellä. Pitkiin siirtomatkoihin käytetään kuitukaapelia. Langaton verkko (Wireless LAN IEEE802.11) on nykyään yleisesti käytössä oleva ratkaisu. Ethernet-verkoissa tarvitaan kaapelin lisäksi muitakin laitteita yhdistämään asemat toisiinsa. Keskitin (Hub) on ”tyhmä” laite, johon parikaapelit kytketään. Keskitin välittää viestit jokaiselle asemalle. Keskitimellä voidaan luoda lähiverkko. Kytkin (Switch) on älykäs laite, joka pitää yllä osoitetaulukkoa ja osaa ohjata sisään tulevan liikenteen oikeaan porttiin. Kytkin toimii siltana yhdistäen verkon osia toisiinsa. Kytkimiä yhdistämällä voidaan aliverkkoja yhdistää toisiinsa, jolloin tietoverkko laajenee suuremmaksi. Yleinen tietoverkko koostuu lukemattomasta määrästä kytkimiä ja keskittimiä, sekä tietoliikennekeskuksista, jotka ohjaavat tietoliikennettä. /24/

### 3.2.2 IEC 61850

IEC 61850 on sähkönjakelun ja sähköasema-automaation globaali kommunikatiostandardi. IEC 61850 -protokolla on suunniteltu IED – laitteiden väliseen kommunikaatioon. Protokollan tarkoitus on saada tietoliikenne kulkemaan IED – laitteiden ja kaukokäyttöjärjestelmän ala-aseman välillä. IEC 61850 -protokollan ohjaussovellukset vaativat, että ohjausviesti tapahtuu 4 millisekunnin sisällä. Tämä vaatimus saavutetaan sillä, että protokolla voi liikennöidä LAN-verkossa käyttäen nopeita verkkokytkimiä. Protokolla tukee eri valmistajien laitteiden kytkemisen toisiinsa. Tämän saavuttamiseen on ala-asematoiminnot jaettu alitoiminnoiksi (logical nodes, LNs), joita on kuvattu kuvassa 2. /25/ /15/



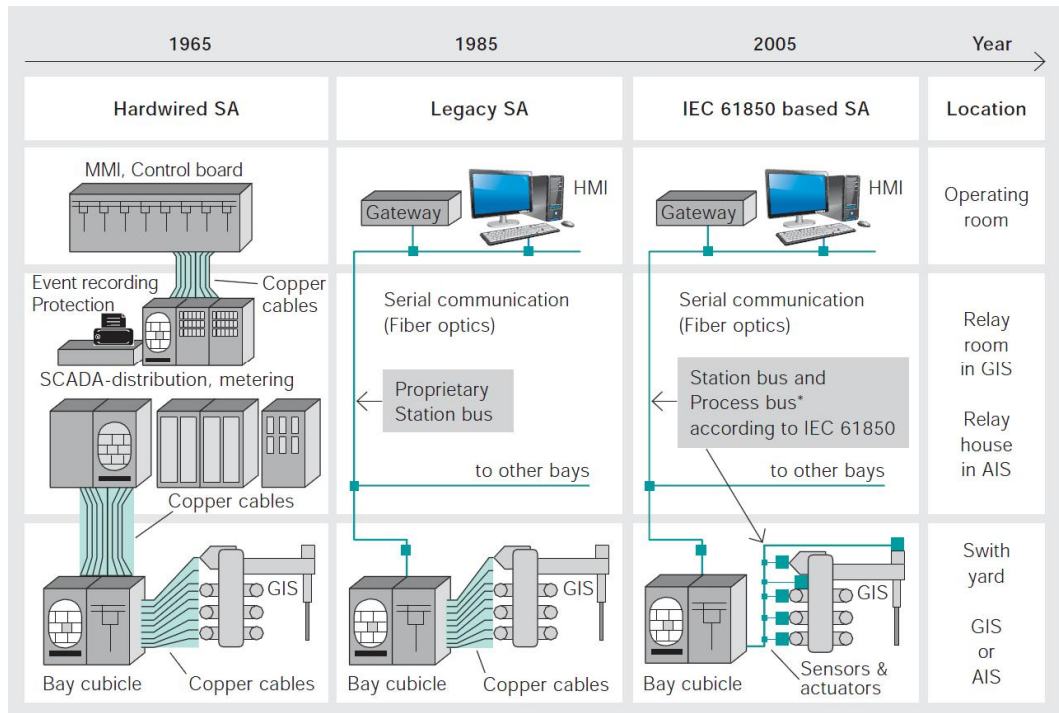
**Kuva 2.** Esimerkki IEC 61850 protokollan suojareleestä /15/

### 3.2.3 GOOSE

Yksi IEC 61850 – protokollan tavoitteista on vähentää laitteiden välistä kaapelointia käyttämällä IED - laitteiden väliseen tiedonsiirtoon hyödyksi GOOSE toimintoa (Generic Object Oriented Substation Event). GOOSE signaaleja kutsutaan myös horisontaalisiksi signaaleiksi. GOOSE toimii ”peer-to-peer” tavalla, eli jokainen IED – laite pystyy keskustelemaan keskenään. GOOSE viestit kulkevat laitetasolla broadcast-viesteinä, eli ne kulkevat kaikille lähiverkossa oleville laitteilla. Tästä syystä GOOSE viestit eivät myöskään kulje palomuurien tai kytkimien läpi, joten viestit pysyvät lähiverkon sisällä. Tämä lisää tietoturvaa, kun GOOSE viestejä ei voi lähettää tai lukea lähiverkon ulkopuolelta. Vastaanottaja on määritelty MAC- eikä IP - osoitteen perusteella. /25/

Suojareleen tunnistuessa tapahtuman lähettää se yhtäaikaaisesti GOOSE - toimintola kaikille muille suojareleille tiedon tapahtumasta. Kaikkien laitteiden tulee saada tieto 4 millisekunnin sisällä. IEC 61850 on nopein markkinoilla oleva sähköasema-automaatiokommunikaatiostandardi. Perinteisesti laitteiden välinen johdotus on toteutettu ”kovilla” johdotuksilla. ”Kovien” johdotuksien signaalit täytyy lähettää ja vastaanottaa relelähtöjen ja -tulojen kautta, lisäksi tarvitaan signaalin suodatus ja muunnos, tämä kasvattaa signaalin vasteaikaa. Johdotus on kallista ja työlästä toteuttaa, samoin I/O kortit maksavat ja silti tulojen ja lähtöjen määrä jää rajalliseksi. GOOSE – väylää käyttämällä saadaan käyttöön suuri määrä virtuaalisia tuloja ja lähtöjä, ilman johdotusta ja lisälaitteita. GOOSE -signaali kulkee väylää pitkin samassa muodossa, jota IED – laitteet voivat lukea ja lähettää ilman mitään muunnoksia tai relelähtöjä. GOOSE -viestinnän luotettavuutta lisää mahdollisuus tarkastaa, menikö signaali perille, ja toistaa viestiä niin kauan, että vastaanottaja ilmoittaa viestin tulleen perille.

IEC 61850-9-2 protokollan yksi tavoitteista on pyrkiä tekemään suojauksen peruskomponenteista, kuten esimerkiksi virtamuuntajista IED – laitteita, jotka sitten toimisivat IEC 61850 – protokollalla. Tämä mahdollistaa samojen sensorien tiedon käyttämistä eri releille, jolloin virtamuuntajien määrää ja johdotusta voidaan vähentää. Kuvassa 3 on kuvattu valvomon ja kentän välistä tietoliikennekaapelointia. /15/



**Kuva 3.** Johdotusten määrän vähentymisen väyläjärjestelmien kehityssä /8/

### 3.2.4 IP-protokolla, IP-osoitteet

Jokaisella verkkolaitteella on oma laitetunnus eli MAC-osoite, jolla laitteet voidaan yksilöidä. Lisäksi jokaiselle laitteelle määritellään IP-osoite, joka voi vaihtua, esimerkiksi, jos tietokone vaihdetaan lähiverkosta toiseen. Yksinkertaistettuna MAC-osoite on kuin henkilöturvautunnus ja IP-osoite on puhelinnumero. Ethernetin alkuperäinen nopeus oli 10 Mbit/s. Aluksi se riitti kaikkeen tiedonsiirtoon. Nykyään käytössä on useita standardeita:

- 10 / 100 Mbit/s (Ethernet, Fast Ethernet)
- 1 / 10 /100 Gbit/s (Gigabit Ethernet)

Ethernet on suunniteltu samassa lähiverkossa olevien asemien keskinäiseen liikennöintiin. Sillalle tai kytkimelle voidaan opettaa, minkä portin takana kukin MAC osoite on. Mutta tämä on mahdollista vain, kun asemia on äärellinen määrä, kaikkia Ethernet solmuja ei voi opettaa. Siksi tarvitaan toinen osoite, aliverkko-maski, jolla voidaan kuvata aliverkkojen mukainen hierarkia. Nyt ei tarvitse ylläpitää tietoa yksittäisestä asemasta vaan tieto aliverkosta riittää. /24/

Ethernetin MAC-osoite on kiinteä, fyysiseen laitteeseen sidottu. Kukin verkkolaitte saa oman yksilöllisen osoitteen jo valmistusvaiheessa. Osa osoitteesta on varattu identifioimaan valmistaja. Siksi tarvitaan osoite, joka on fyysisestä laitteesta riippumaton. Kun laite uusitaan, niin uudella laitteella voi säilyä edellisen osoite. Tätä varten on otettu käyttöön IP-osoite. Jokaisella koneella on oma yksilöllinen 32-bittinen IP-osoite. Tätä IP-osoitetta käytetään kaikkeen koneiden välillä tapahtuvaan kommunikointiin IP-protokollalla. /24/

IP-pakettien välitys aliverkosta toiseen vaatii oman laitteensa, jota kutsutaan reitittimeksi. Se on kuten kytkin, mutta fyysisten MAC-osoitteiden sijaan se muistaa portteihinsa kytketyt aliverkot. Lisäksi reititin mainostaa omia tuntemiaan verkkojaan muille. Näin kukin reititin tietää koko verkon rakenteen. Siten reititin osaa laittaa sanoman siihen suuntaan, mistä tavoiteltu aliverkko aikanaan löytyy, mahdollisesti monen reitittimen takaa. /24/



### 3.2.5 OPC rajapinta

OPC-rajapinta on avoimen tiedonsiirron standardi, jota käytetään teollisuuden automaatiosovelluksissa. OPC on rajapinta PC-valvomojen ja ohjelmoitavien logiikoiden välillä. Valvomo ja logiikka kommunikoivat OPC rajapinnan kautta. OPC-palvelin on ohjelma, joka pystyy lukemaan ohjelmoitavan logiikan tietoliikennettä ja rekistereitä. Tällaisia ohjelmia on saatavissa niin automaatiojärjestelmien toimittajilta kuin vapailta markkinoilta. Myös valmiita kehitystyökaluja ja -komponentteja on saatavilla oman OPC-palvelimen tai -asiakasohjelmiston toteutukseen. Yleensä kaikille laajemmin käytössä oleville logiikkatyypeille on kuitenkin saatavissa OPC-palvelin. PC-valvomo-ohjelmistossa ei silloin tarvita omia liityntäohjelmia, vaan OPC-client rajapinta riittää tiedonvälitykseen eri valmistajien logiikoiden kanssa. /21/

Alkujaan OPC on lyhenne sanoista OLE for Process Control, mutta standardoinnista huolehtiva OPC Foundation antaa OPC:lle nykyään merkityksen open connectivity via open standards eli avointa liitettävyyttä avoimilla standardeilla. OLE tulee sanoista Object Linking and Embedding viitaten olio-ohjelmointiin. OPC standardin määritteli vuonna 1996 ryhmä teollisuusautomaation toimittajien edustajia. Standardi määrittää reaaliaikaisen tuotantotiedonvälityksen eri valmistajien automaatiojärjestelmistä. IED laitteet liitetään COM600:n käyttämällä OPC serveriä ja liityntäpakettia (connectivity package).

Ensimmäisen julkaisun jälkeen perustettiin säätiö, OPC Foundation, huolehtimaan standardin ylläpidosta ja kehityksestä. Tämän jälkeen standardien määrä on kasvanut. OPC-standardi perustuu Microsoftin kehittämille OLE, COM, ja DCOM tekniikoille, jotka tarkoitettiin Windows-käyttöjärjestelmä. Standardi määrittää joukon olioita, liittymiä ja menetelmiä, joita käytetään prosessi- ja valmistavan teollisuuden automaation sovelluksissa.

### 3.3 Relesuojaus

Relesuojaus on tärkeä osa sähköverkon suojausta. Relesuojauksella pyritään mahdollisimman häiriöttömään sähkönjakeluun kuluttajille. Releiden tehtävä on erottaa vikapaikka sähköverkosta, mutta rajata erotettava verkon osa mahdollisimman pienelle alueelle pysyvässä vikatilanteessa. Suojareleet tarkkailevat jatkuvasti sähköverkon tilaa. Sähköaseman ohjaukset kulkevat releiden kautta. Releet ohjaavat katkaisijoita ja erottimia. Tiedon verkon tilasta rele saa mittamuuntajan kautta. Tarpeen vaatiessa releet erottavat automaattisesti ja nopeasti viallisen osan muusta sähköverkosta. Releiden tulee myös palauttaa ohi menevissä vikatapauksissa sähkönsyöttö takaisin vian kadottua. Esimerkiksi ukkosen aiheuttamat ylijännitepiikit häviävät verkosta nopeasti. Jos releet ovat avanneet katkaisijoita, ne suljetaan ylijännitteen hävittyä. Maissa, joissa ei ole kattavaa relesuojausta, aiheuttaa ukkonen monen tunnin sähkökatkoja, kun suojat täytyy käydä palauttamassa käsin. Kuvassa 3 on ABB:n RER620, REF615 ja REF610 suojareleet. /20/



**Kuva 4.** RER620, REF615 ja REF610 suojareleet /6/

*Relesuojauksen on täytettävä seuraavat perusvaatimukset:*

- *Suojauksen on toimittava selektiivisesti eli erotettava vikapaikka niin, että mahdollisimman pieni osa verkostosta jää vian seurauksena ilman sähköä.*
- *Suojauksen on toimittava niin nopeasti, että häiriön aiheuttamat vahingot jäävät pieniksi ja että voimalaitosten yhteiskäyttö häiriintyy mahdollisimman vähän.*
- *Suojauksen on suojattava aukottomasti koko sähköverkostoa. Suojauksen on oltava mahdollisimman yksinkertainen ja käyttövarma. Suojausta on voitava koestaa käyttöpaikalla käytön aikana. Sähköverkosto jaetaan suojausta suunniteltaessa erillisiin suoja-alueisiin, joiden suojaus suunnitellaan erikseen huomioiden kuitenkin suojattavan sähköverkostokokonaisuuden vaatimukset. Suojan suoja-alue on sähköverkoston se osa, jossa syntyneen vian vaikutuksesta suoja toimii. Kun vika on suojan suoja-alueen ulkopuolella, suoja ei toimi.*
- *Suoja-alueita rajoittavat suojareleiden ohjaamat katkaisijat. Jos vierekkäiset suoja-alueet osaksi peittävät toisensa, suojaus on aukoton. Suojaa sanotaan absoluuttisesti selektiiviseksi, kun se toimii vain omalla suoja-alueellaan sattuvan vian vaikutuksesta. Aikaporrastukseen perustuvan suojan selektiivisyyttä nimitetään aikaselektiivisyydeksi ja virtaporrastukseen perustuvaa virtaselektiivisyydeksi.*
- *Suoja-alueita voivat olla esim. generaattorit, muuntajat, johdot, kokoojakiskostot ja moottorit. Tärkeillä suoja-alueilla tulee niiden ensisijaisen eli pääsuojauksen lisäksi olla järjestetty varasuoja. Tätä edellyttävät ainakin kantaverkko, suuret generaattorit ja suuret muuntajat. /19/*

### 3.3.1 IED - Intelligent Electronic Device

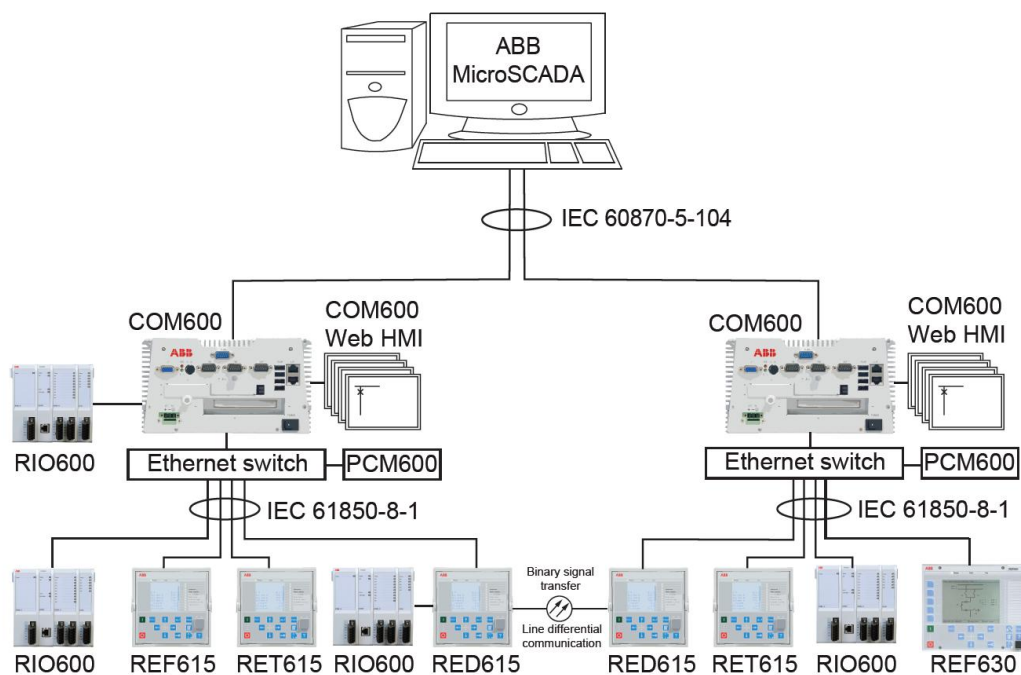
IED (Intelligent Electronic Device) tarkoittaa periaatteessa kaikkia verkon älykkeitä laitteita, eli laitteita joista löytyy prosessori. Vaikka IED-laitteesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä suojarelettä, niin myös COM600 on IED – laite, samoin RIO600.

Suojareleet ovat tärkeä lenkki älykästä verkkoa rakennettaessa. Releet ovat laitteita jotka valvovat verkon tilaa, ne mittaavat jännitettä, virtaa ja taajuutta. Releen tärkein tehtävä on erottaa vika sähköverkosta nopeasti. Rele, tyypistä riippuen, mittaa yhtä tai useampaa suuretta mittamuuntajien avulla ja vertailee sitä releen asetteluarvoihin. Kun releen mittaama suure muuttuu releeseen asetetun asetteluarvon ulkopuolelle, on tila tällöin epänormaali, jolloin rele toteuttaa sille määrätyn toiminnon, yleensä katkaisijan avaamisen. Releet tarvitset toimiakseen muita laitteita, kuten katkaisijoita, erottimia ja virtamuuntajia. Rele toimii kuitenkin täysin itsenäisesti, hoitaen mittauksen ja ohjauksen oman asettelunsa mukaan, kommunikoiden toisten IED - laitteiden kanssa. Releiden mukana äly on hajautunut sähköverkon eri osiin.

Ensimmäiset suojareleet olivat mekaanisia releitä, niiden toiminta perustui sähkömekaanisiin ilmiöihin ja niissä oli liikkuvia osia. Ne käyttivät mittauksiin samoja toimintaperiaatteita kuin sähkömittarit, eli sähkömagneettisia, sähködynaamisia, ferrodynaamisia ja lämpöperiaatteita. Mekaaniset releet pystyivät käsittelemään vain tehollisarvoja.

Releiden seuraava kehitysskaskel olivat elektroniset releet. Elektroniset releet olivat hyvin tarkkoja ja nopeita. Elektroninen rele pystyi käsittelemään myös hetkelisarvoja. Mittaustieto tuotiin releelle mittamuuntajalla, joka muokkauselimessä muokataan releelle sopivaan arvoon. Vian sattuessa havahtumiselin huomaa vian ja vertaa mitattua arvoa asetusarvoon. Jos arvo ylittyy, elimen lähtö vaihtaa loogista tilaansa. Havahtumiselin käynnistää aikaelimen, jonka aikaa voidaan muuttaa etupaneelin nupista. Tulevalla lukituksella voidaan estää releen toiminta, mikäli lukitusta ei tule ja hidastusaika kuluu loppuun. Silloin rele antaa katkaisijalle aukeamiskäskyn. /20/

Nykyään käytetään numeerisia releitä, joiden toimintaa ohjaa prosessori. Ensimmäiset numeeriset releet tulivat käyttöön yli 20 vuotta sitten. Yhdellä numeerisella releellä voi olla monia mikroprosessorilla toteutettuja suojausfunktioita. Uusimmissa numeerisissa releissä käytetään useita prosessoreita. Releisiin tulee koko ajan uusia käyttöominaisuuksia. Yksittäiseen releeseen on ohjelmoitu huomattavasti enemmän valittavissa olevia suojausfunktioita, kuin yleensä suojauskohteessa tarvitaan. Releet konfiguroidaan suojauskohteen mukaan ja vain tarvittavat toimilohkot otetaan käyttöön. IED-laitteet kommunikoivat keskenään GOOSE-väylän kautta ja COM600:n kanssa IEC61850 väylän kautta. COM600 yhdistää IED-laitteet scada-järjestelmään. Kuvassa 4 COM600 on kytketty ABB:n MicroSCADA:n ja suojareleiden väliseksi rajapinnaksi. /19/



**Kuva 5.** ABB MicroSCADA -ohjattu kaukokäyttöjärjestelmä kahdella COM600 laitteella.

### 3.3.2 Katkaisijat

Suurjännitekatkaisijan tehtävä on katkaista korkeaännitteinen virta ja sammuttaa valokaari. Kun vika syntyy suurella jännitteellä, syttyy valokaari, eikä virta katkea. Esimerkiksi, kun suurjännitelinjalle kaatuu puu, syntyy maasulku, ja vaikka puu palaa pois, jatkaa maasulkuvirta kulkemistaan valokaaren kautta. Jos nyt virtaa yritetään katkaista, syntyy katkaisulaitteeseen valokaari. Suurjännitekatkaisijan on kyettävä sammuttamaan valokaari. Katkaisijoita ja katkaisutapoja on monia tyyppiä, joista yksinkertaisin on tavallinen sulake, toisessa ääripäässä on tyhjäkatkaisija. Kuvassa 5 on ABB:n VM1-tyhjäkatkaisija magneettisella toimilaitteella. /18/

Katkaisijat voi jaotella katkaisukammiossa käytettävän katkaisuväliaineen mukaan:

- magneettipuhalluskatkaisijat (ilmakatkaisijat)
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- SF<sub>6</sub>-katkaisijat (rikkiheksafluoridi)
- tyhjäkatkaisijat.



**Kuva 6.** VM1-tyhjäkatkaisija magneettisella toimilaitteella /6/

### 3.3.3 Erottimet

Erotin on mekaanisesti toimiva kytkinlaite, jolta ei vaadita katkaisu- eikä kytkentäkykyä. Erotin on joko käsi- tai moottorikäyttöinen. Moottorikäyttöisiä erottimia voidaan ohjata etänä. Sulkemis- ja katkaisukyky on vain 0,5 A ellei toisin ole mainittu. Kuormanerotin pystyy myös kytkemään ja katkaisemaan normaalin kuormitusvirran, joka on kuitenkin selvästi katkaisijan katkaisukykyä vähemmän. Sähköturvallisuusmääräysten mukaan katkaisijan avausväli ei riitä takaamaan turvallista työskentelyä katkaisijan erottamassa virtapiirin osassa, vaan tarvitaan näkyvä avausväli ja työmaadoitukset. Auki-asennossa erotin aikaansaa luotettavan, näkyvän erotusvälin, kiinni-asennossa kykenee johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirran. Kuvassa 6 on ABB:n NPS1 erotin asennettuna sähköpylvääseen. /18/



**Kuva 7.** NPS1 -erotin asennettuna sähköpylvääseen /6/

### 3.4 Tietoturva

Tietoturva tarkoittaa tietojen pysymistä käyttäjän hallussa. Tietoja uhkaavat häviäminen laitevahinkojen tai virusten takia sekä päätyminen väriin käsiin. Varmuuskopioinnilla voidaan estää tiedon tuhoutuminen laitevahinkojen, inhimillisten erehdysten tai luonnontapahtumien varalta. Tietojen joutumista väriin käsiin voidaan hallita käyttäjätunnuksilla ja palomureilla. Tietojen eheyttä uhkaavat virukset, joita vastaan on kehitetty virustorjuntaohjelmia. /14/

Tietoturva on tärkeä asia myös teollisuusverkoissa. Teollisuusverkkojen tietoturva on aiemmin hoidettu paikallisesti. Kun verkko on ollut ilman yhteyttä yleisiin tietoverkkoihin, riitti käyttäjätunnusten hallinta ja laitteiden sijoittaminen lukittuun tilaan, jolloin vain määrätty henkilöt pystyivät hallinnoimaan tietokoneita ja automaatiolaitteita. Kun automaatioon lisätään etäohjaus, on yleisiin tietoverkkoihin liittyminen välttämätöntä yhteyden muodostamisen takia. Tällöin tietoturvan vaatimukset kasvavat. Etäohjauksen kautta voidaan ohjata prosesseja ja sähkönjakelua. Tietoturvan peittäminen voi siis aiheuttaa fyysistä vahinkoa ja vaaratilanteita. Esimerkiksi sähkönsyötön ohjauksessa luvattoman käyttäjän pääseminen käsiksi kentän ohjauksiin saattaa johtaa vakaviin vaaratilanteisiin, jopa hengenvaaraan.

COM600:n kautta ohjataan sähkönjakelua etänä, laitteessa on vahvat tietoturvaominaisuudet. Ensimmäinen este on COM600:n osoitteen selvittäminen, se täytyy tietää, ennen kuin yhteyttä voi muodostaa. Seuraavaksi WEB-HMI vaatii käyttäjätunnuksen ja salasanan, joka estää tehokkaasti luvattoman käyttäjän pääsyn järjestelmään käsiksi. Hakkereita vastaan etäohjauksen ethernet-portti on suojattu palomuurilla. Etäohjatulla kentällä työskennellessä yhteyden katkaisemista voi harkita. Myös releet on helppo asettaa paikallisohjaustilaan, jolloin niitä ei voi ohjata etänä.



### 3.4.1 Yleinen käsitys tietoturvasta

Yleisesti tunnettuja tietoturvauhkia ovat virukset ja hakkerit. Virukset ovat haittaohjelmia, jotka saastuttavat tietokoneen. Ne monistavat itseään ja leviävät tietokoneesta toiseen tietoverkon tai jonkin talletusvälineen kautta. Virus asentuu tietokoneelle ja suorittaa sille ohjelmoituja toimintoja, se saattaa ottaa tietokoneen kokonaan hallintaansa ja tuhota tiedostoja, tai se voi pyöriä huomaamattomasti taustalla käyttäen konetta esimerkiksi roskapostiserverinä. Usein virus asentuu tietokoneelle ns. troijalaisen eli Troijan hevosen avulla. Troijalainen on ohjelma, joka vaikuttaa tavalliselta ohjelmalta, mutta ohjelman asennuksen yhteydessä se käynnistää viruksen tai avaa takaportin järjestelmään. Viruksia vastaan on kehitetty virustorjuntaohjelmia. Toinen uhka on luvattomat käyttäjät jotka yrittävät varastaa tietoja tai aiheuttaa laitteiden toimintahäiriöitä. Näitä tietoverkkorikollisia kutsutaan hakkereiksi. Hakkereita vastaan voidaan suojautua käyttäjän tunnistamisella ja palomureilla.

Koska tietoverkot kehittyivät alun perin suojatuissa ja suljetuissa ympäristöissä, ei tietoturvalle ollut tarvetta. Tästä syystä tietoturva jäi huomioimatta, kun perustekniikkaa kehitettiin. Tietoturvasta on tullut yksi tietotekniikan suurimmista haasteista ja tietoturva-ala on muodostunut omaksi erikoisalakseen. /14/

### 3.4.2 Tietoturva prosessinohjaustasolla

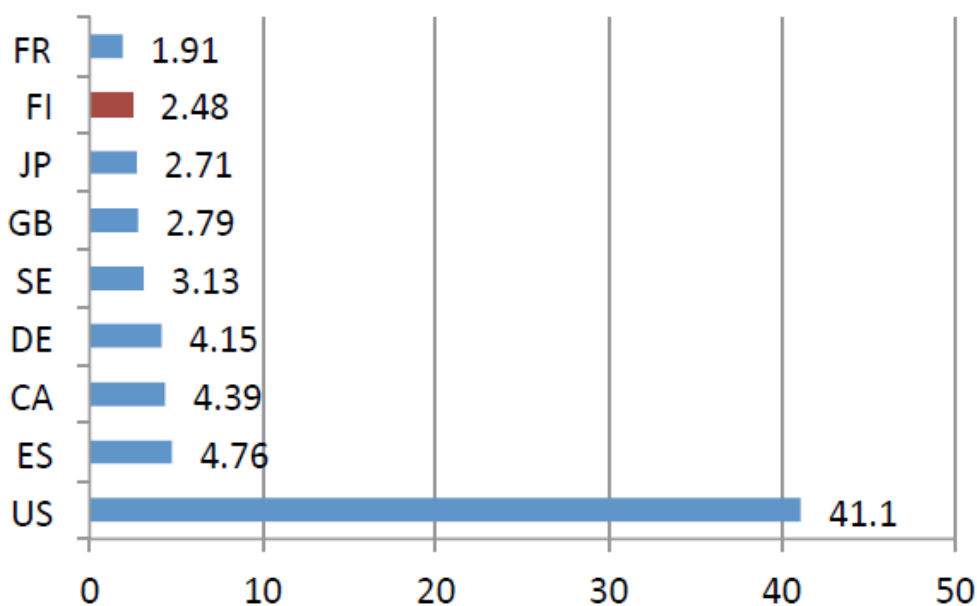
Automaatiolaitteet ovat sijainneet fyysisesti irrallaan muista tietoverkoista, jolloin tietoturvaksi on riittänyt laitteiden luokse pääsemisen estäminen. Laitteisiin kytkeytyminen on vaatinut erikoisosaamista ja työkaluja, joten niihin ei ole ollut mahdollista kytkeytyä esimerkiksi selaimen kautta. Prosessinohjaustasolla tietoturvallisuus muodostuu erityisen tärkeäksi, kun se yhdistetään yleisiin tietoverkoihin etäohjauksen vuoksi. Varsinkin prosessinohjaus- ja valvontajärjestelmät ovat alttiita hyökkäyksille ja niiden vahingoittuminen voi aiheuttaa tuotannon pysähtymisen ja fyysistä vahinkoa tuotantolinjalla. Tuotannon pysähtyminen voi tuottaa yritykselle valtavat tappiot.

TCP/IP - pohjaisten väyläjärjestelmien myötä automaatioverkosta tulee toimistoverkon kaltainen. Sen erikoisluonteen antama suoja katoaa. Jos laitteessa on WEB-HMI liittymä, yksittäiseen laiteeseen voidaan kytkeytyä mistä vain tavallisella selaimella. Harvassa automaatiolaitteessa on käyttäjän ja salasanan tunnistus. Toimistoverkossa on aina kirjauduttu sisään tietokoneelle omilla tunnuksilla. Kytkemällä ohjelmointikaapeli ohjelmointilaitteeseen kiinni pääsee hallitsemaan kaikkia toimintoja. Tämä edellyttää, että käyttöön otetaan IT-maailman kehitetyt tietoturvan menettelytavat. /14/

Tunnetuin esimerkki löytyy vuodelta 2010, kun Stuxnet-virus hyökkäsi iranilaiseen Natanzin rikastuslaitokseen. Virus pääsi sinne laitoksen lähistölle jätettyjen muistitikkujen kautta. Joku laitoksen työntekijä oli poiminut muistitikun maasta ja käyttänyt sitä jossain laitoksen tietokoneessa, jolloin virus on päässyt järjestelmään. Virus ottaa SCADA-järjestelmän käskyt hallintaansa ja muokkaa niitä aiheuttaen tuhoa prosessilaitteissa. Stuxnet on tehty hyökkäämään Windowsilla toimivan Siemens Step 7 -automaatiojärjestelmän kimppuun. Virus ohjasi taajuusmuuttajia pyörittämään sentrifugeja niin suurella pyörimisnopeudella, että ne hajosivat. Viruksen kehittäjää ei ole saatu selville, mutta sen epäillään olleen USA:n ja Israelin tuotosta. Iran oli rikastanut uraania kielloista huolimatta ja sitä epäiltiin ydinaseen suunnittelusta. Virus onnistui pysäyttämään Iranin ydinohjelman kehityksen. /22//23/

Aalto-yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan Suomessa on tuhansia verkko-hyökkäyksille avoimia automaatiojärjestelmiä. Selvityksen mukaan järjestelmiin tunkeutumalla voitaisiin häiritä yhteiskunnalle ja yrityksille tärkeitä toimintoja. Avoimia automaatiolaitteita löytyi mm. voimalaitoksista, vedenkäsittelylaitoksista, tuulivoimaloista, pankkikonttoreista, vankiloista ja sairaaloista. Erityisen paljon avoimia kohteita oli rakennusautomaatiassa. Rakennusautomaatiolla hallitaan esimerkiksi lämmitystä, ilmastointia, vedenjakelua, valaistusta, hälytysjärjestelmiä, kameravalvontaa ja ovien lukitusta. Julkisissa rakennuksissa näihin järjestelmiin kajoaminen voi aiheuttaa suurta vahinkoa ja mahdollistaa rikosten toteuttamisen. /16/

Monissa järjestelmissä oli käyttäjätunnus ja salasana tallennettu HMI - järjestelmään. Toisissa järjestelmissä ei minkäänlaista tunnistusta vaadittu. Maailmanlaajuisesti eniten avoimia järjestelmiä löytyi USA:sta. Tätä selittää automaatiolaitteiden määrä. Kuvassa 7 näkyy maakohtaiset prosentit, yhteensä 132 775 järjestelmää. Suhteutettuna väkilukuun avoimia järjestelmiä löytyi eniten Suomesta. Haavoittuvat laitteet sijoittuvat suurimpiin kaupunkeihin, Helsingissä oli eniten avoimia järjestelmiä yhteensä ja Tampereella eniten haavoittuvia teollisuusautomaatiojärjestelmiä. /23/



**Kuva 8:** Suojaamattomien laitteiden määrä maata kohden prosentteina /16/

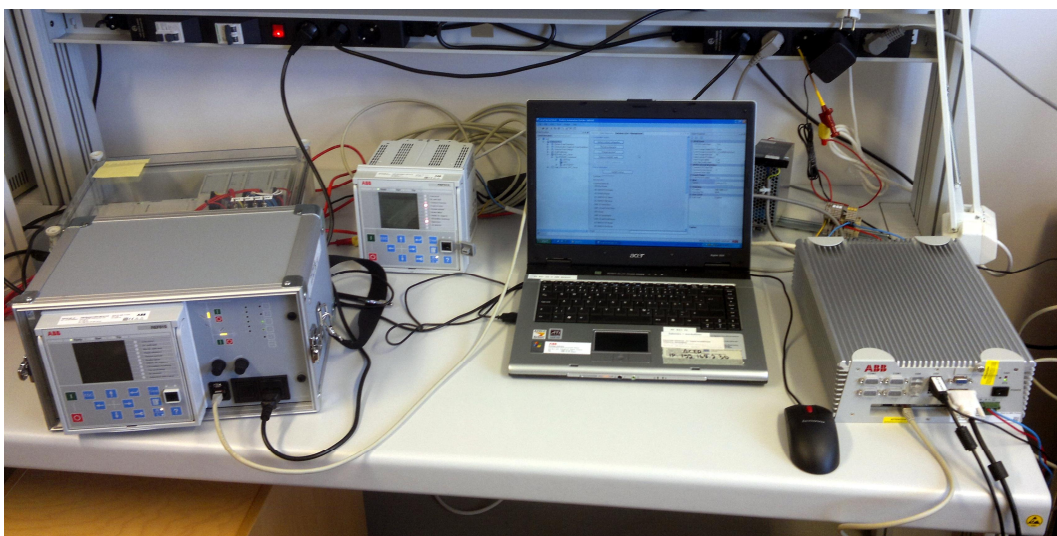
## **4 COM 600 PERUSOMINAISUUDET**

Aiemmin markkinoilla oli useita eri laiteita etäkäytön toteuttamiseen. COM600 mahdollistaa IED -laitteiden toimivuuden paikallisten tai ylemmän tason ohjausjärjestelmien kanssa. COM600:n yhdyskäytävätoiminnot tukevat useita sähköasemalaitteissa käytettyjä tiedonsiirtoprotokollia.

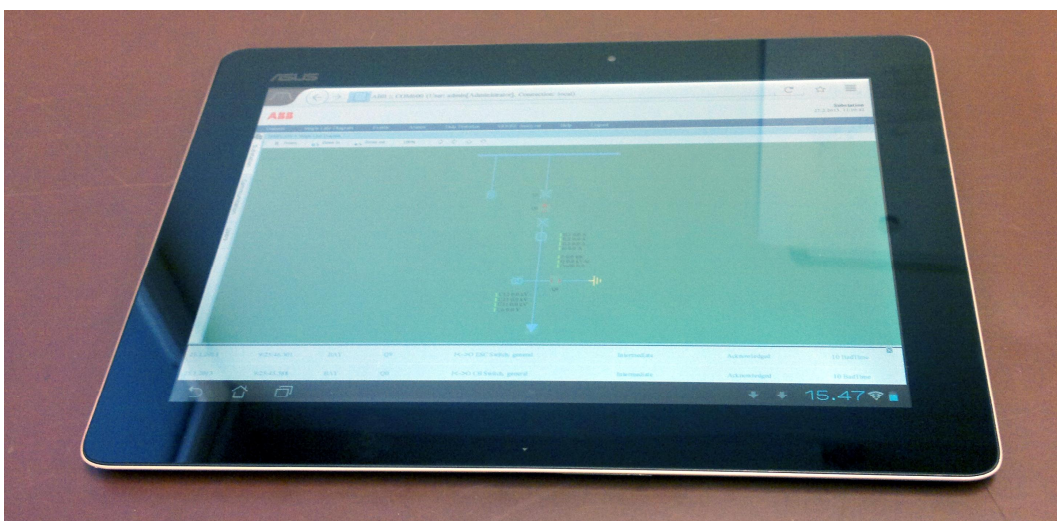
Suojatun tiedonsiirron ansiosta käyttöliittymää voidaan käyttää internetin tai LAN – yhteyden kautta. COM600 toimii rajapintana IED – laitteiden ja ohjausjärjestelmien välillä. COM600:n perusominaisuuksia ovat kattava valvonta, luotettava tekniikka, tehokas protokollamuunnos, reaaliaikainen tiedonhallinta, nopea käyttöönotto ja täydellinen IEC 61850 - yhteensopivuus. /10/

#### 4.1 Testilaitteisto

Työssä käytetty testilaitteisto oli rakennettu ABB Prosessiteollisuuden testaustiloihin. Kuvassa 9 näkyy käytössä ollut testilaitteisto: COM600 versio 4.0, kannettava tietokone, REF615 versio D, REF615 versio E simulaattorilla ja RIO600 etä-I/O -yksikkö. Simulaattorilla pystytään säätämään releelle syötettävää virtaa ja osoittamaan katkaisijan tilan sekä ohjaamaan sitä. Työssä testattiin myös COM600:n käyttöä tablet-tietokoneella, käytössä oli Asus Transformer Prime TF201 tabletti, käyttöjärjestelmänä Android versio 4.03, kuva 10.



**Kuva 9.** Testilaitteisto



**Kuva 10.** Työssä käytetty android-tabletti

## 4.2 Käyttöönotto

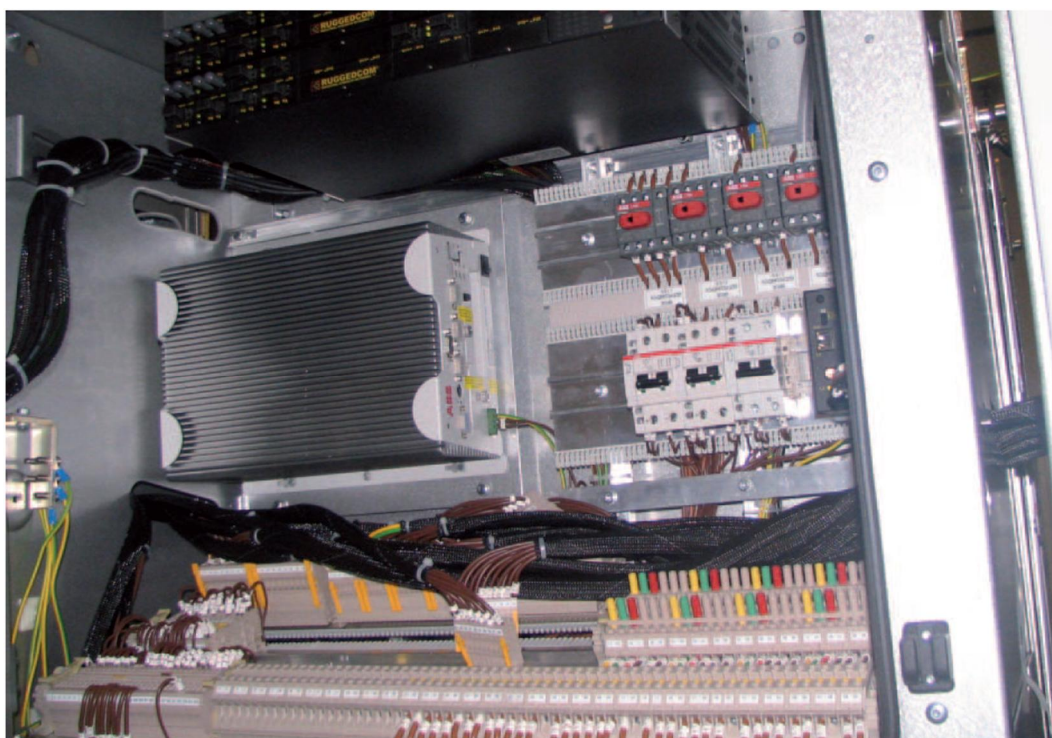
Ensimmäisenä tulee selvittää laitteen salasana. Laitteen oletuskäyttäjätunnus on COM60 ja salasana on aEc2006rs. Työssä käytetyssä laitteessa käyttäjätunnus oli vakio, mutta salasana oli aEc2006rs2. Laitteessa oli pieni ongelma, salasanaa kirjoittaessa näppäimistön johto piti aina irrottaa ja laittaa uudestaan kiinni, muuten laite ei tunnistanut näppäimistöä.

Seuraavaksi tulee selvittää laitteen ip-osoite. Osoite löytyy helposti Windowsin control panelista tai Set remoting parameters -ohjelmasta, jossa ip:n voi myös asettaa.

Seuraavaksi kannatta katsoa, ovatko ethernet-johdot kiinni reitittimessä. Tämän jälkeen kannattaa kokeilla, toimiiko yhteys, esimerkiksi kirjoittamalla CMD.EXE komentotulkkiin ping ja COM600:n ip.

### 4.3 Käyttökohteet

COM600 yhdistää aseman eri järjestelmät integroiduksi kokonaisuudeksi toimien rajapintana laitteiden ja ohjausjärjestelmien (SCADA, DMS) välillä. COM600:n vahvuutena on sen kyky hallinnoida eri protokollia samaan aikaan. COM600:lla voidaan ohjata etänä tai paikallisesti prosesseja ja sähköverkoja. Laite asennetaan sähkötiloihin ohjattavan prosessin läheisyyteen, kuvassa 11 laite on asennettuna ABB:n keskijännitekojeistoon.

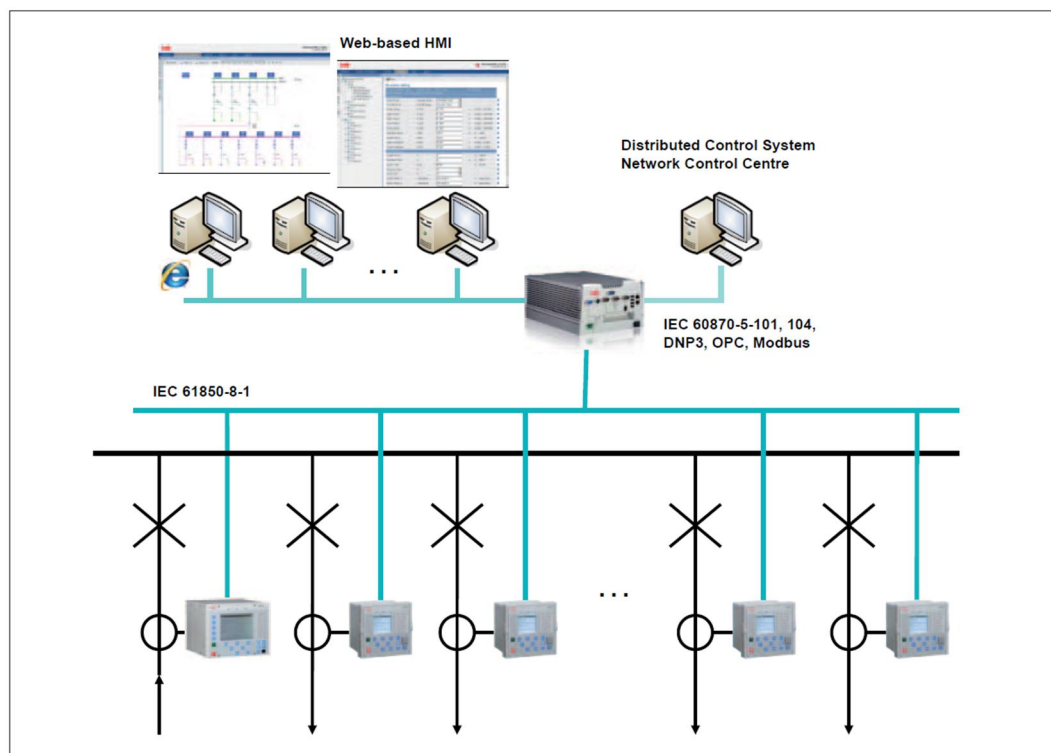


**Kuva 11.** COM600 asennettuna ABB Unigear MW kojeistoon. /12/

COM600:n kautta voidaan valvoa ja ohjata releitä, jotka ohjaavat katkaisijoita ja erottimia. COM600:aan otetaan yhteys lähiverkon tai yleisten tietoverkkojen kautta. Laitteeseen voidaan liittää yhteensä 40 IED-laitetta. COM600 käyttää avoimia protokollia, joten sen käyttö ei sido yhden valmistajan tuotteisiin. COM600 tukee liityntää laajaan valikoimaan ABB:n tuotteita mm. MicroSCADA, Automation System800xA ja MNSiS. /4/



Kuvassa 12 on yksinkertainen kokoonpano, jossa COM600 on liitetty valvomoon lähiverkon kautta. Etäohjaus hoituu web-käyttöliittymän tai scadan kautta ja suo-  
jareleet on kytketty järjestelmään IEC 61850-väylän kautta. Releet on yhdistetty toisiinsa GOOSE-väylän kautta.



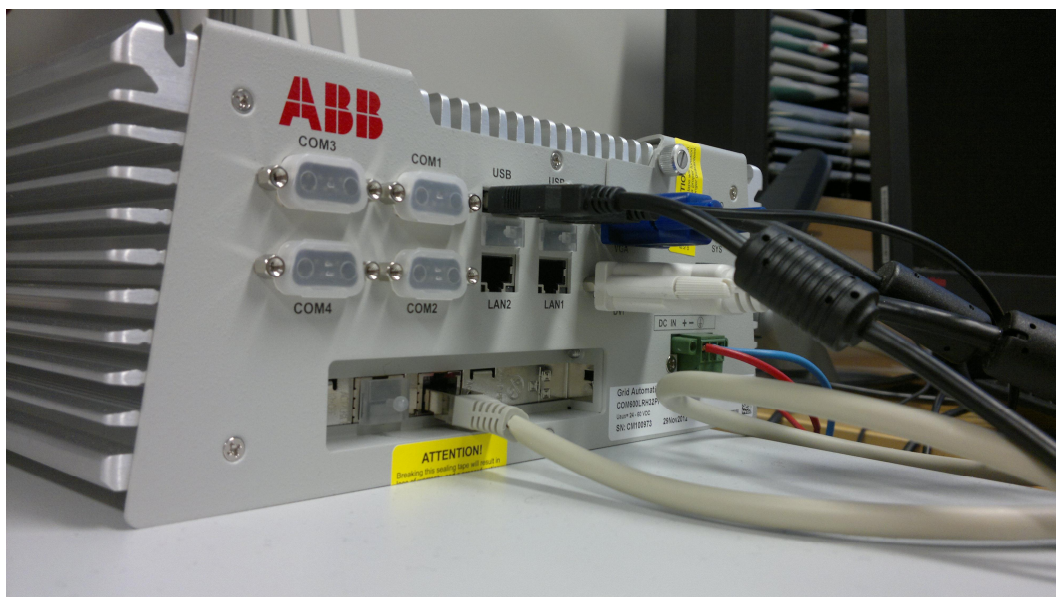
**Kuva 12:** Liityntämahdollisuuksia /12/

Verkkoa voidaan ohjata laitteen käyttöliittymästä tai antaa automatiikan hoitaa vikapaikan palautus- tai erotustoiminnot. COM600:n voi liittää osaksi MNSiS moottorikeskusta, jolloin sen kautta voidaan ohjata sähkömoottoreita. Kojesto liittyy COM600:n OPC-rajapintaan. MNSiS koostuu kompakteista moottorilähtömoduuleista. Aseman ja releiden digitaalisia tuloja ja lähtöjä voi laajentaa RIO-600 I/O-järjestelmällä. RIO:n kautta voidaan kerätä hälytyksiä ja tapahtumia sekä ohjata kohteita. /17/



#### 4.4 Laitteisto

COM600 on tehty vaativiin olosuhteisiin ja täyttää RoHS standardit, eli tiettyjen haitallisten aineiden rajoittaminen sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Laitteessa ei ole liikkuvia osia. Jäähdytys on passiivinen, joten laite ei tarvitse pyöriviä tuulettimejä. Jäähdytys hoidetaan rivoitetun alumiinikuoren kautta. Kuori on vankkaa tekoa, se toimii myös suojana ulkoisia vahinkoja vastaan. Kuoressa ei ole aukkoja tai reikiä, joista pöly ja lika pääsisivät laitteen sisälle. Käyttämättömät portit on peitetty muovisuojilla, jotka näkyvät kuvassa 13. Kaikki portit löytyvät laitteen samalta puolelta. Kovalevy on FLASH-tyyppinen, eikä perinteinen pyörivä asema. /4/



**Kuva 13.** COM600 liitäntäpaneeli.

## 4.5 Ohjelmisto

Käyttöjärjestelmänä COM600:ssa on Windows 7 embedded, jossa yhdistyy tuttu käyttöympäristö ja luotettava toiminnallisuus. Laitteeseen on valmiiksi asennettu tarvittavat ohjelmat, kuten WEB-HMI, Data Historian, GAT, ja Soft PLC logiikkaprosessori. /4/

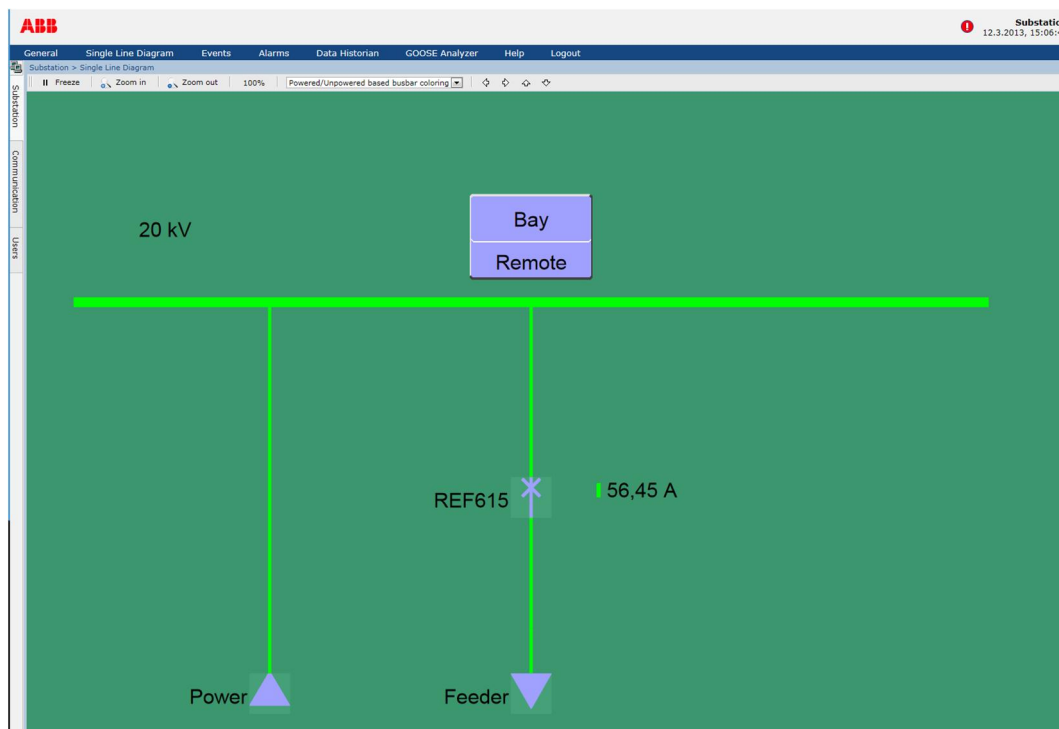
COM600:n ohjelmointiin tarvitaan toinen tietokone ja SAB600 ohjelma (Station Automation Builder). SAB600-ohjelmalla voidaan luoda helposti aseman kokoonpanon. Ohjelmaa on helppo käyttää, eikä perusmäärittelyihin tarvita ohjelmointia. Ohjelmaan määritellään aseman laitteiston kokoonpano. SLD-editorilla voidaan piirtää aseman pääkaavio, jonka avulla asemaa voi ohjata selaimen kautta. Suojareleet voidaan tuoda ohjelmaan configuration wizardilla tai luomalla PCM600-ohjelmalla SCL-tiedosto, joka tuodaan SAB600-ohjelmaan. Configuration wizard osaa hakea releellä olevan katkaisijakentän pääkaaviokuvan ja tuoda sen SLD-editoriin muokattavaksi.

WEB-HMI sovellusta voidaan käyttää tavallisilla nettiselaimilla, kuten Internet Explorer, Google Chrome tai Firefox. Selain tarvitsee SVG-tuen, joka täytyy Internet Exploreriin asentaa, mutta Chromesta ja Firefoxista se löytyy vakiona. HMI-sovellukseen pääsee syöttämällä selaimen COM600:n IP-osoitteen ja kirjautumalla sisään määritetyillä käyttäjätunnuksilla. HMI-sovellus toimii kaikissa laitteissa, joista löytyy nettiselain SVG-tuella, myös kännyköissä ja tableteissa.

## 4.6 Web-pohjainen käyttöliittymä

COM600 tärkeimpiä ominaisuuksia on web-pohjainen käyttöliittymä. HMI:n avulla voi ohjata ja valvoa sähkönsyöttökenttää. HMI toimii periaatteessa kaikilla nettiselaimen omaavilla laitteilla. Tärkein ikkuna HMI:ssa on SLD eli single line diagram, josta näkyy sähköjärjestelmän rakenne pääkaaviomuodossa. SLD ominaisuutena on dynaaminen kiskojen väritys, eli näytöltä näkee yhdellä vilkaisulla mitkä kiskot on sähköistetty ja mitkä ei. Katkaisijoita voi kontrolloida klikkaamalla katkaisijan kuvaa, jolloin aukeaa ikkuna, josta katkaisijan voi ohjata kiinni tai auki. /3/

Kuvassa 14 on SAB600 ohjelman SLD-editorilla tehty SLD ikkuna, joka mittaa simulaattorilla varustetun REF 615 releen virtaa ja katkaisijan tilaa. Vihreä väri linjalla kertoo kiskon olevan jännitteellinen.



**Kuva 14.** Yksinkertainen SLD WEB-HMI ikkunassa

Hälytykset ja tapahtumat näkyvät omassa ikkunassaan, josta ne voi lukea ja kuitata. Kuvassa 15 näkyvät hälytykset, Alarms-välilehdellä. Hälytyksissä näkyy simulaattorilla tehty releen trippaus ylivirrasta.

The screenshot shows the ABB COM600 HMI interface. The 'Alarms' tab is active, displaying two tables: 'Persisting Alarms' and 'Fleeting Alarms'. The 'Persisting Alarms' table has one entry, and the 'Fleeting Alarms' table has four entries. Below the screenshot, a detailed view of the 'Fleeting Alarms' table is provided.

Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text	State	Status	Quality
<input type="checkbox"/>	3.3.2013	4:42:43.945	BAY	Breaker_2	I<->O CB Switch, general	Intermediate	Active	BadTime

Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text	State	Status	Quality
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Global conditioning Operate	General On	Inactive	BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(1) Operate input signal	General On	Inactive	BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(2) Operate input signal	General On	Inactive	BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		3I>>>(1) Operate	General On	Inactive	BadTime

Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text	State	Status	Quality
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Global conditioning Operate	General On	Inactive	100 BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(1) Operate input signal	General On	Inactive	100 BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(2) Operate input signal	General On	Inactive	100 BadTime
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		3I>>>(1) Operate	General On	Inactive	100 BadTime

#### Fleeting Alarms

Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Global conditioning Operate
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(1) Operate input signal
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		Master Trip(2) Operate input signal
<input type="checkbox"/>	4.4.2013	14:35:24.547	Bay		3I>>>(1) Operate

**Kuva 15.** WEB-HMI hälytykset

Events – välilehdellä näkyvät kaikki tapahtumat, joita COM600 on rekisteröinyt. Kuvassa 16 näkyy tapahtumat ikkuna, jossa näkyy katkaisijan avaaminen ja sulkeminen.

The screenshot shows the ABB HMI application interface. The main window displays a table of events for the substation 'Substation' from 9.11.2012 to 3.4.2013. The table has columns for Date, Time, Bay, Device, Object Text, Event, and Quality. Below the main table, a detailed view of selected events is shown, including 'Global conditioning Operate', 'Master Trip(1) Operate input signal', and '3I>>>(1) Operate'.

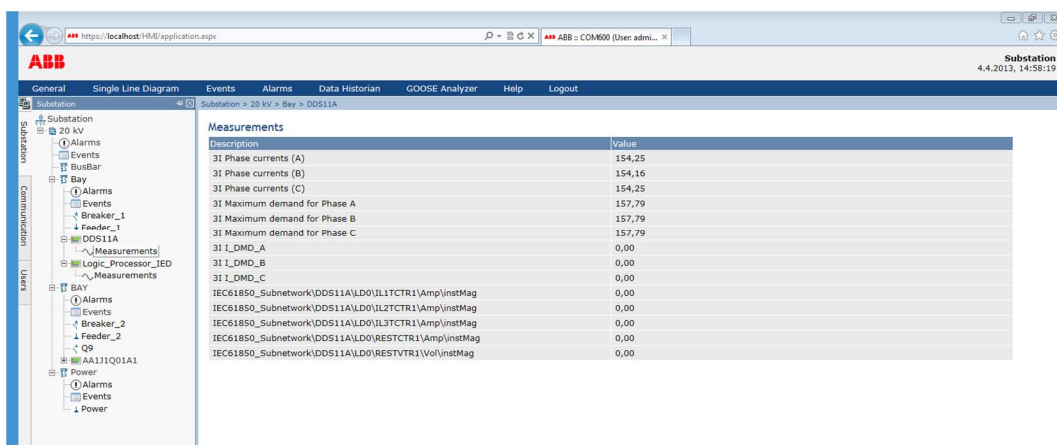
Date	Time	Bay	Device	Object Text	Event	Quality
3.4.2013	13:32:34.070		Breaker_1	I<->O CB Switch, general	admin closed Substation.20 kV.Bay.Breaker_1.	
3.4.2013	13:32:34.070	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Close Executed	
3.4.2013	13:32:32.342	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Close Selected	
3.4.2013	13:28:21.558				admin closed Substation.20 kV.Bay.Breaker_1.	
3.4.2013	13:28:21.558	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Close Executed	
3.4.2013	13:28:19.854	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Close Selected	
3.4.2013	13:28:17.528				admin opened Substation.20 kV.Bay.Breaker_1.	
3.4.2013	13:28:17.527	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Open Executed	
3.4.2013	13:28:15.277	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Open Selected	
3.4.2013	13:28:00.430	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Operation Failed (65535)	
3.4.2013	13:27:57.622	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Operation Failed (65535)	
3.4.2013	13:24:33.793	Bay	DDS11A		Connection OK	
3.4.2013	13:24:33.294	BAY	AA111Q01A1		Connection OK	
3.4.2013	13:17:59.026	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Closed	BadTime
3.4.2013	13:17:31.785	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Open	BadTime
3.4.2013	13:17:30.631	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Closed	BadTime
3.4.2013	13:17:25.727	Bay		Global conditioning Start	General Off	BadTime
3.4.2013	13:17:25.727	Bay		3I>>>(1) Start	General Off	BadTime
3.4.2013	13:17:25.716	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general	Open	BadTime
3.4.2013	13:17:25.704	Bay		Master Trip(1) Operate input signal	General On	BadTime

Events \*\*\* 9.11.2012 - 3.4.2013 \*\*\* 0,97 / 50MB

Date	Time	Bay	Device	Object Text
3.4.2013	13:32:34.070			
3.4.2013	13:32:34.070	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:32:32.342	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:28:21.558			
3.4.2013	13:28:21.558	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:28:19.854	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:28:17.528			
3.4.2013	13:28:17.527	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:28:15.277	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:28:00.430	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:27:57.622	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:24:33.793	Bay	DDS11A	
3.4.2013	13:24:33.294	BAY	AA111Q01A1	
3.4.2013	13:17:59.026	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:17:31.785	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:17:30.631	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:17:25.727	Bay		Global conditioning Start
3.4.2013	13:17:25.727	Bay		3I>>>(1) Start
3.4.2013	13:17:25.716	Bay	Breaker_1	I<->O CB Switch, general
3.4.2013	13:17:25.704	Bay		Master Trip(1) Operate input signal

Kuva 16: WEB-HMI tapahtumat

Releen mittaukset saa näkymään Substation-välilehdestä sivun vasemmasta laidasta. Valitsemalla halutun releen, aukeaa mittausvälilehti, kuva 17. Erilaisia mittauksia voi lisätä myös SLD-kuvaan, kuten virran, jännitteen ja tehon. Uutena ominaisuutena WEB-HMI:ssä on mahdollisuus tallentaa dokumentteja, kuten manuaaleja, piirroksia ja linkkejä websivuille. Dokumentit löytyvät myös vasemmalta Substation-välilehdestä.

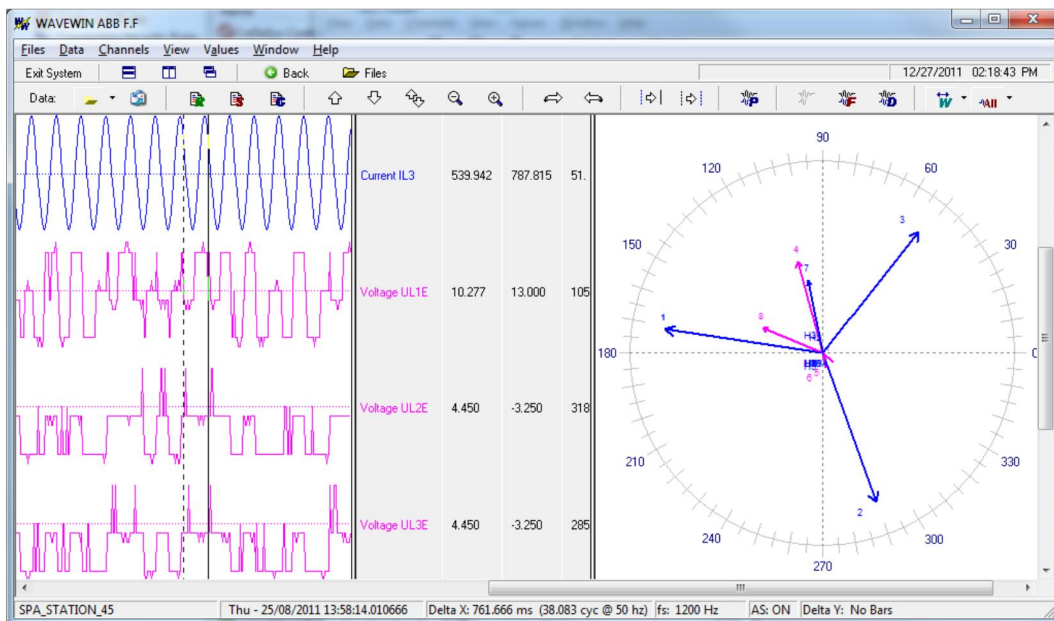


The screenshot shows the ABB WEB-HMI interface. The left sidebar contains a navigation tree with categories like Substation, Communication, and Users. The main area displays the 'Measurements' section, which includes a table of measurement data. Below the screenshot, the same table is reproduced in a larger format.

Description	Value
3I Phase currents (A)	154,25
3I Phase currents (B)	154,16
3I Phase currents (C)	154,25
3I Maximum demand for Phase A	157,79
3I Maximum demand for Phase B	157,79
3I Maximum demand for Phase C	157,79
3I I_DMD_A	0,00
3I I_DMD_B	0,00
3I I_DMD_C	0,00
IEC61850_Subnetwork\DDS11A\LD0\IL1TCTR1\Amp\instMag	0,00
IEC61850_Subnetwork\DDS11A\LD0\IL2TCTR1\Amp\instMag	0,00
IEC61850_Subnetwork\DDS11A\LD0\IL3TCTR1\Amp\instMag	0,00
IEC61850_Subnetwork\DDS11A\LD0\RESTR1\Amp\instMag	0,00
IEC61850_Subnetwork\DDS11A\LD0\RESTVTR1\Vol\instMag	0,00

**Kuva 17.** WEB-HMI:n mittaukset

Useimmat IED-laitteet on varustettu vikatalennustoiminnolla, joka tallentaa tiedot vikatapahtumasta. Vikatiedostoon kerätään tiedot jännitteistä, taajuudesta ja binäärisignaalin tilasta ennen häiriötä sen aikana sekä suojaustapahtuman jälkeen. Jos toiminto on määritetty SAB600 – ohjelmassa, niin WEB –HMI:ssä pystyy tarkastelemaan vikatalenteen tietoja Wavewin disturbance record– ikkunassa, kuva 18. Vikatalenne valitaan vian havainneen suojareleen alta.

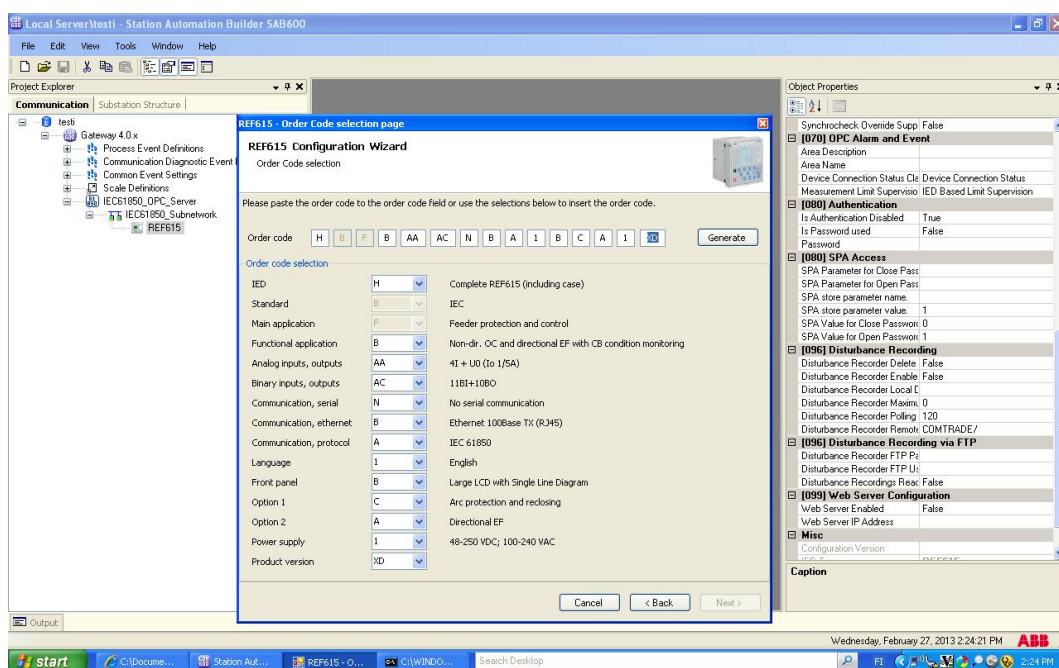


**Kuva 18.** Wavewin disturbance record – ikkuna ja analysointityökalu. /3/



## 4.7 SAB600 – substation automation builder

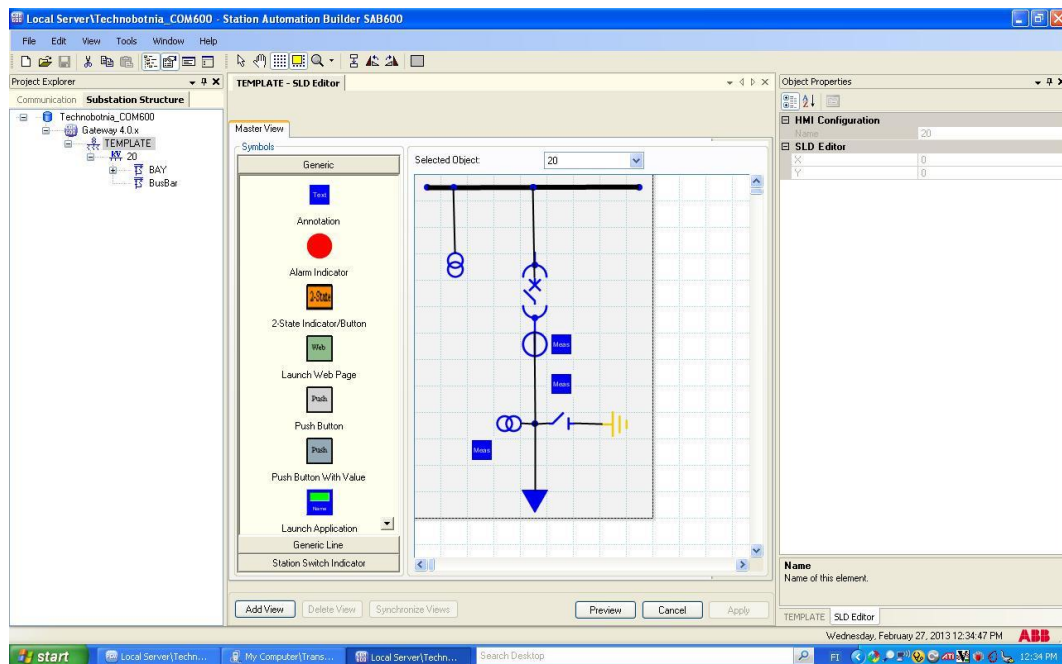
SAB600 ohjelmalla ohjelmoidaan WEB-HMI:ssä näkyvä kokonaisuus. SAB600 pohjautuu IEC 61850 standardiin ja ABB:n PCM600 ohjelmaan, jolla voidaan hallita IED-laitteita. Releet tuodaan SAB600 ohjelmaan käyttämällä releelle määritelyä liityntäpakettia (connectivity package), joka sisältää releen mallikohtaiset tiedot. Releen lisäämisen jälkeen ajetaan Configuration Wizard, kuva 19, johon määritellään releen sarjanumero, ja ohjelma hakee sen mukaan releen kokoonpanon ohjelmaan. Releen kokoonpanon voi myös hakea suoraan releestä on-line -tilassa PCM600 ohjelmalla. Tällöin kokoonpanosta tallennetaan SCL-tiedosto, joka tuodaan SAB600-ohjelmaan. Tiedosto sisältää releestä löytyvät toimilohkot ja konfiguraation. Ohjelmassa olevan releen kokoonpanon pitää vastata releessä olevaa kokoonpanoa täydellisesti, muuten kommunikaatio ei toimi, vaikka ohjelma löytäisikin releen ip:n perusteella ja kaikki näyttäisi toimivan.



**Kuva 19.** Releen lisääminen SAB600 ohjelmaan



SLD editorilla muokataan pääkaaviokuva WEB-HMI:ta varten. Muokkaus on yksinkertaista, mutta ohjelman toiminta on välillä heikkoa. Jokaisen muutoksen jälkeen kannattaa painaa Apply – nappia, joka tallentaa muutokset. Ohjelmassa ei ole kumoa-toimintoa, mutta Cancel – napin painallus palauttaa yksivaihekuvan edellisen tallennuksen tilaan. Kuvassa 20 on SLD-editor – ikkuna.

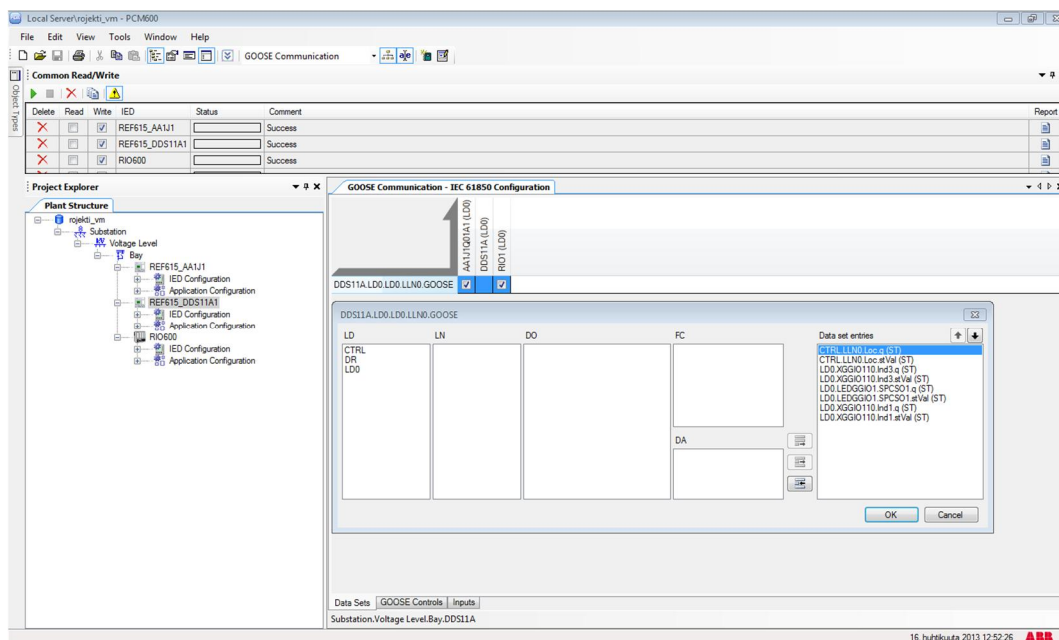


**Kuva 20.** SAB600-ohjelman SLD-editor

## 4.8 PCM600

PCM600 (Protection and control IED manager) on ABB:n IED-laitteiden konfigurointiohjelma. Ohjelmaa tarvittiin työssä useaan otteeseen, kun uusia laitteita otettiin käyttöön. Ohjelma etsii online-tilassa kytketyn laitteen konfiguraation ip-osoitteen perusteella. Parametreja ja konfiguraatiota voi tarkastella ja muuttaa, muutosten jälkeen konfiguraatio pitää ladata takaisin laitteeseen. Laitteen konfiguraatiosta tulostetaan SCL- tai XML-tiedosto, joka tuodaan SAB600:aan.

PCM600 uusin versio on 2.5, kuva 21.



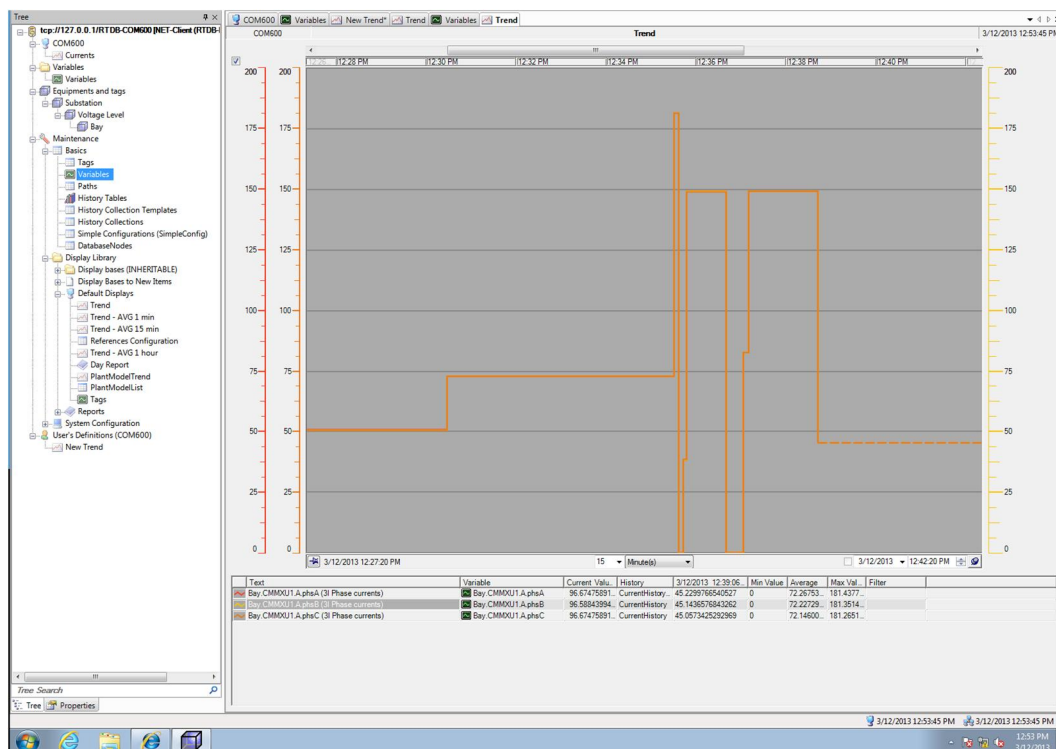
Kuva 21. PCM600 ohjelma

## 5 COM600 4.0 UUDET OMINAISUUDET

### 5.1 Data Historian

Data Historian on työkalu historiatrendien tarkasteluun ja luomiseen. Se perustuu ABB:n cpmPlus Knowledge Manager-ohjelmaan. Data Historian koostuu kahdesta osasta, tietokannasta ja käyttöliittymästä. Tietokannan nimi on RTDB (Real Time DataBase) ja se sijaitsee COM600:n kovalevyllä. RTDB on relaatiotietokanta, joka on suunniteltu ja optimoitu prosessitietojen hallintaan ja laajaan historian tallentamiseen. Käyttöliittymä on nimeltään Vtrin ja se käynnistyy Web HMI:stä.

Ensimmäisellä käyttökerralla Vtrin-asiakasohjelmisto asennetaan käytettävälle tietokoneelle ja tietokantaan täytyy kirjautua samoilla tunnuksilla kuin Web HMI:hin. Tässä vaiheessa tuli tabletilla ongelmia: koska ohjelma on Windows-pohjainen, se ei asennunut laitteeseen. Tästä johtuen historiadatan tarkastelu ei ole mahdollista tabletilla. Kuvassa 22 on esitetty simulaattorin virranmittauksesta tulostettu historiatrendi. Virranmittaus on toteutettu REF615 relettä ja simulaattoria käyttämällä.



Kuva 22. Data Historian historia trendikäyrä

Historiatietoja tallennetaan eri jaksoissa. Näytteitä otetaan 5 sekunnin sykleissä ja muutos päivittyy samaa tahtia trendikäyrälle. Tallennustilan säästämiseksi tallenteista lasketaan keskiarvot 1 ja 15 minuutin ajoilta. 15 minuutin keskiarvon tallenne säilyy kovalevyllä 6 kuukautta. Minuutin keskiarvo sekä 5 sekunnin välein otetut tallenteet säilytetään 8 päivää, jonka jälkeen niiden päälle kirjoitetaan uudet mittaukset. Taulukossa 2 on esitetty historiadatan tallennus- ja säilytysajat.

**Taulukko 2.** Historiadatan tallennus- ja säilytysajat

Tallennus tapa	Näytteenottoväli	Tallenteen säilytysaika
CurrentHistory	Tämänhetkinen historia, mittaus 5 s. välein	8 pv.
AVG1minute	Minuutin keskiarvo	8 pv.
AVG15minute	15 minuutin keskiarvo	6 kk.

Tallenteista voidaan ottaa varmuuskopiot ulkoiselle tai verkkolevyille. Varmuuskopiointi tapahtuu COM600:n komentoriviltä:

- Käskyllä ”ABB\_BACKUP\_ROOT=tallennuspaikka” valitaan tallennuspaikka, jonne tiedot halutaan kopioida.
- Esim. ABB\_BACKUP\_ROOT=D:\RTDB\_BACKUP.
- Käskyllä ”APP\_PrepareDatabaseForOnlineBackup” aloitetaan tallennus.

Datan palauttaminen tapahtuu myös komentoriviltä:

- käskyllä ”APP\_STOP\_RTDB” pysäytetään datan keruu.
- kansio poistetaan ”C:\RTDB Backup\Onlinecopy”
- varmuuskopio siirretään ulkoiselta levyllä kohteeseen ”C:\RTDB Backup”
- palautus aloitetaan käskyllä ”APP\_RestoreRtdbFromOnlineBackup”

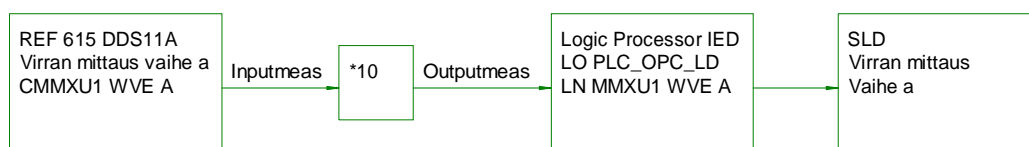
## 5.2 Logic processor/ Soft plc

COM600:sta löytyy sisäänrakennettu ohjelmoitava logiikka, joka on suunniteltu ala-aseman automaatiota ajatellen. Logiikka lukee releiden signaaleita GOOSE viestistä ja se voi ohjata releitä automaattisesti. Ohjelmoimalla voidaan toteuttaa erilaisia automaattisia toimenpiteitä, kuten automaattinen kiskojen vaihto, syötön automaattinen katkaisu ja palautus, kytkinkentän lukitusten ohjaus ja hälytysten ilmoitukset. /4/

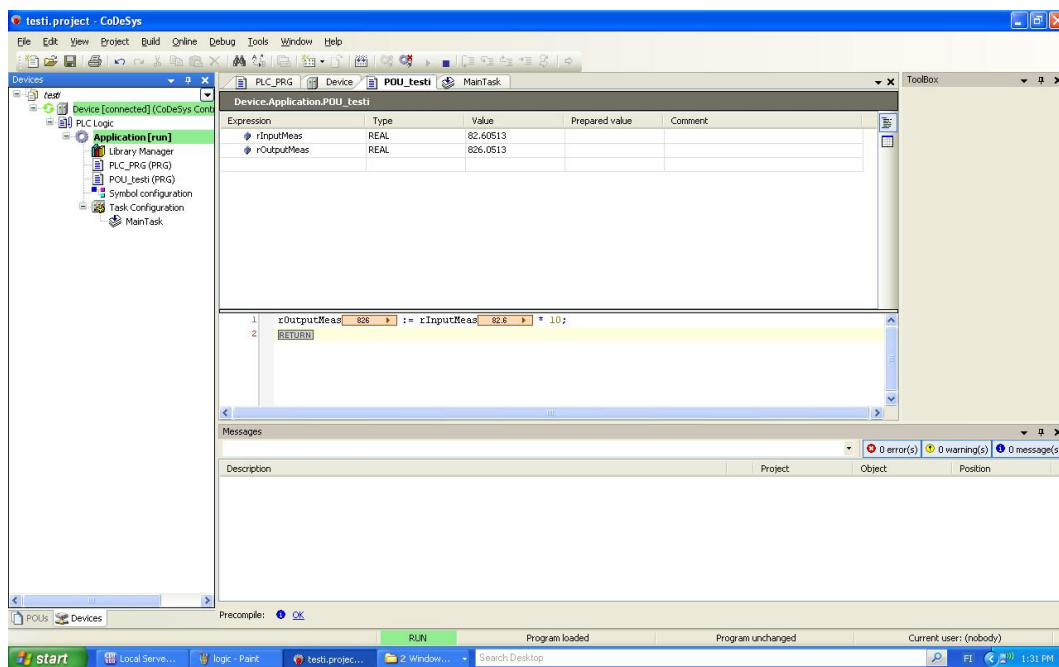
Ohjelmointi hoituu CODESYS ohjelmointiympäristössä. CODESYS on ohjauslaitteiden ja sulautettujen järjestelmien ohjelmointiin tarkoitettu kansainvälisen IEC 61131-3 normin mukainen ohjelmointiympäristö. Sitä käytetään monien ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielenä. Myös koko ABB:n ACS500 logiikoiden tuoteperhe käyttää CODESYS ohjelmointiympäristöä. Soft PLC tukee kaikkia IEC 61131-3 standardin mukaisia ohjelmointikieliä:

- tekstieditorit:
  - o IL (Instruction list) eli käskylista
  - o ST (Structured text) eli rakenteinen teksti, muistuttaa Pascal- ja C-kieliä
- graafiset editorit:
  - o LD (Ladder logic) eli tikapuu tai relekaavio-ohjelmointi yhdistää virtapiirit virtuaalisesti
  - o FBD (Function block diagram) eli toimintolohkokaavio visuaaliseen ohjelmointiin
  - o SFC (Sequential function chart) eli vuokaavio-ohjelmointi askelmaiseen ohjelmointiin.

COM600 voi toteuttaa erilaisia loogisia operaatioita CODESYS -logiikan avulla. Työssä käytettiin releen REF615 virranmittauslohkon CMMXU11 vaiheen a mittaustietoa joka muokattiin logiikassa uudestaan, logiikka toteutti kertolaskun  $\text{OutputMeas} = \text{InputMeas} * 10$ , kuvassa 23 toteutetun logiikkaohjelman lohkokaavio. Ohjelman mahdollisuudet ovat todella laajat. Kuvassa 24 näkyy CoDeSys logic editor - ohjelman työikkuna. Kuvassa 25 näkyy laskettu tulos WEB-HMI:n SLD:ssä, jossa laskettu arvo on sijoitettu yhden linjan virran mittaukseksi.



**Kuva 23.** Toteutetun logiikkaohjelman lohkokaavio



**Kuva 24.** CoDeSys logic editor työikkuna



**Kuva 25.** SLD jossa on käytössä CoDeSys logiikan ohjelma.

### 5.3 RIO600 I/O yksikkö

RIO600 on ulkoinen I/O-järjestelmä releen I/O:n laajentamiseen. RIO600 kommunikoi GOOSE-väylää pitkin releen kanssa. Laitteen voi kytkeä myös suoraan COM600:n. RIO600 on tehty samojen ulkoisten vaatimusten mukaisesti kuin releet ja COM600. Se kestävä suuria lämpötiloja ja EMC häiriöitä. RIO600:lla on modulaarinen rakenne, eli se koostuu moduuleista, joita voi yhdistää tarpeen mukaan. Moduulit voi kiinnittää standardiin DIN – kiskoon. Vähimmäislaitteisto on virtalähde-, yhteys-, ja I/O yksikkö. Tällöin käytössä on 12 digitaalituloa ja 4 digitaalilähtöä. Yhdellä jännitelähteellä maksimi määrä digitaalituloja ja –lähtöjä on 20. Esimerkiksi 2 DI + 4 DO. Yhdessä digitaalituloyksikössä (DIM8) on kahdeksan tuloa ja digitaalilähtöyksikössä (DOM) on 4 lähtöä. Maksimimäärä tuloja ja lähtöjä kahdella jännitelähteellä on 40. /5/



**Kuva 26.** RIO600 I/O – yksikkö. /5/

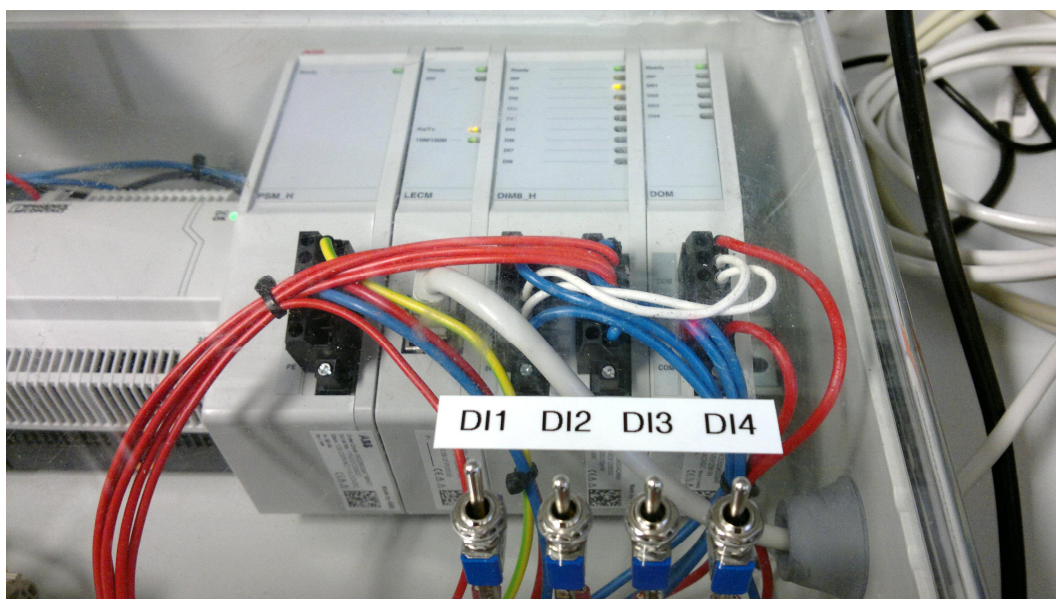


RIO 600 – yksikköä voi hyödyntää monella tavalla, työssä käytettiin esimerkkinä muuntajan lämpöreleen binääritiedon tuomista RIO:n kautta releelle. Kuvassa 27 on suunnitelma, kuinka signaali tuodaan kytkimeltä RIO:n kautta releelle. Kytkentä tapahtui PCM600 ohjelmalla, GOOSE-väylän kautta.



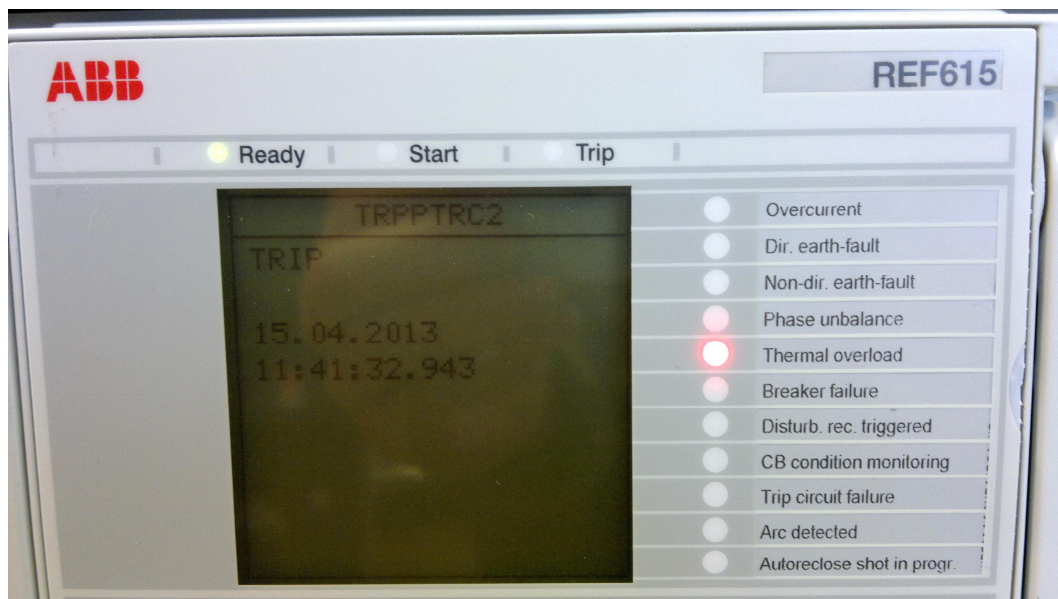
**Kuva 27.** Signaalin kulku GOOSE-väylää pitkin

Binääritulona oli RIO yksikköön kytketty kytkin DI1, joka näkyy kuvassa 28. Tulo voisi olla mikä tahansa binääritulo.



**Kuva 28.** RIO600 - yksikön digitaalitulot

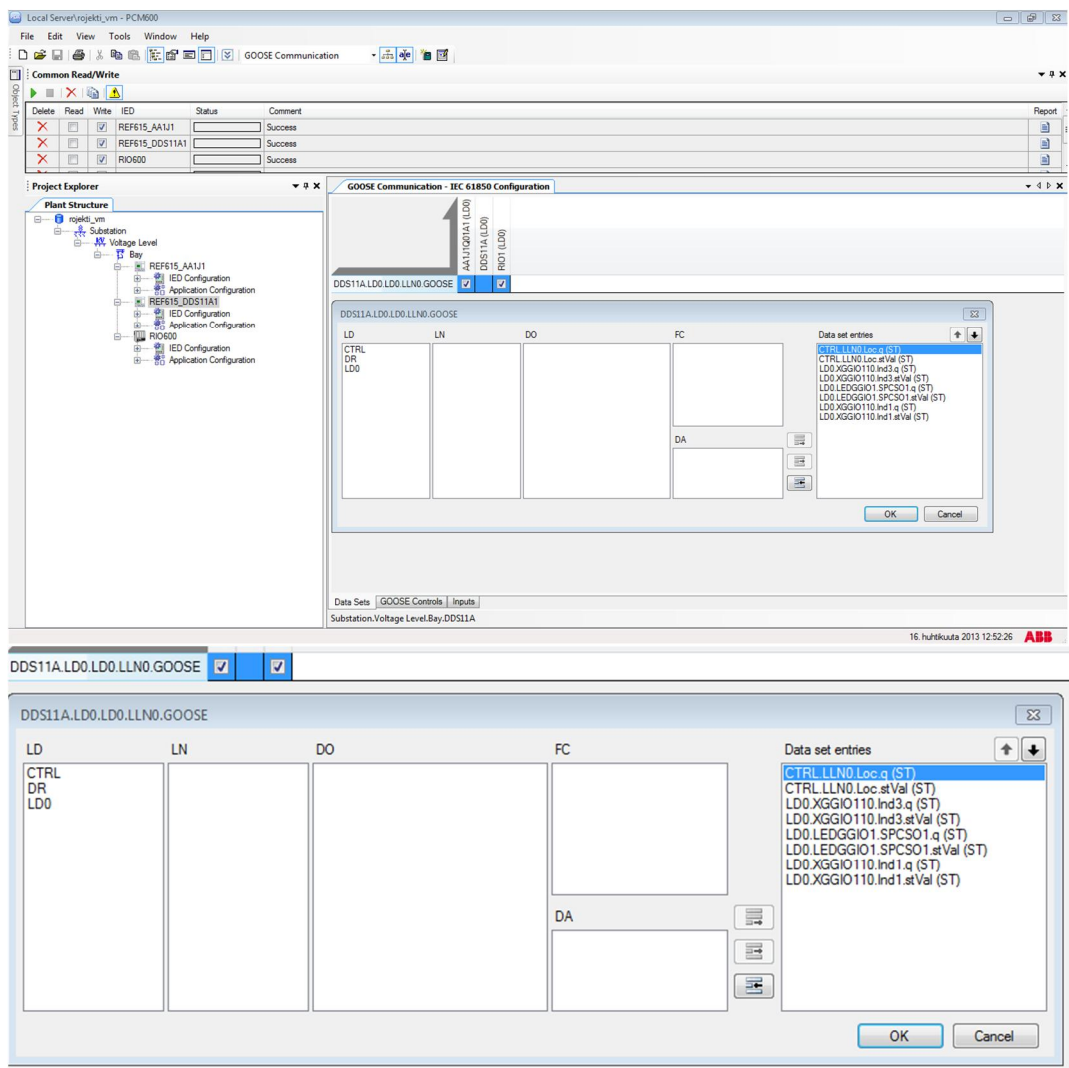
Hälytys näkyi REF615 – releen ohjelmoitavassa LEDissä, kohdassa ”Thermal overload” , kuva 29.



**Kuva 29.** REF615 - releen hälytys

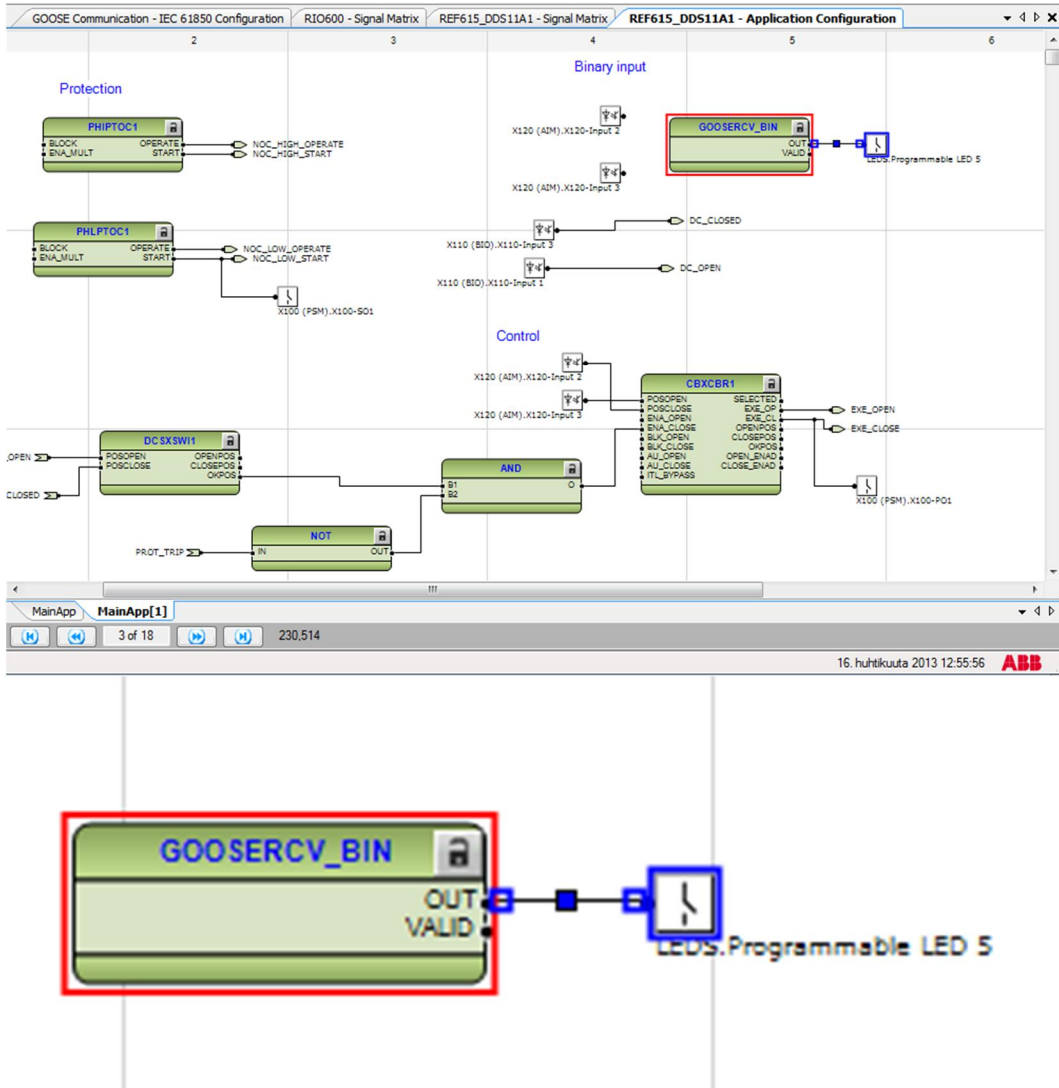
Laitteiden konfiguraatiot täytyy laittaa kohdilleen PCM600 - ja IET600 -ohjelmia käyttäen. IED-laitteet määritellään PCM600 -ohjelmassa. Periaatteena on luoda datasetti, johon mapataan lähettävältä laitteelta vastaanottajat ja details – valikosta valitaan, mitä lohkoja GOOSE:lla lähetetään.

Kuvassa 30 rele DDS11A lähettää dataa RIO600:lle ja releelle AA1J1Q01A1 GOOSE – väylää pitkin.



**Kuva 30.** GOOSE Datasetin luominen PCM600 ohjelmassa.

Kuvassa 31 näkyy releen konfiguraatio. GOOSE-signaalin vastaanottamiseen tarvittiin GOOSERCV\_bin – lohko, joka vastaan ottaa binäärisignaaleja GOOSE – väylältä. Konfiguraatiomuutoksen jälkeen RIO:lta tuleva signaali kytkettiin GOOSERCV\_BIN – lohkon Signal Matrix välilehdellä, kuva 32. Kuvassa 33 on yksinkertaistetut ohjeet GOOSE:n käyttöönottoon.

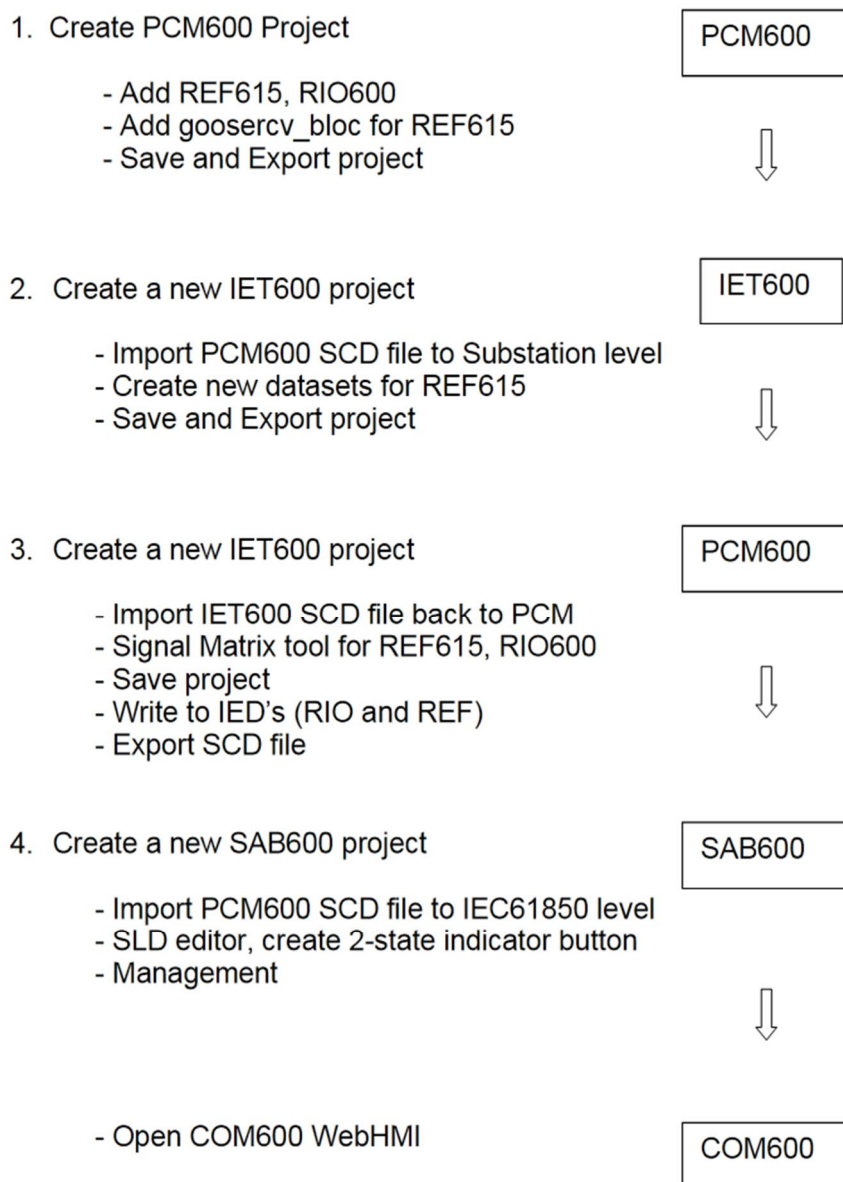


Kuva 31. REF615 - releen configuraatio PCM600 – ohjelmassa.

The Signal Matrix table shows the configuration for the GOOSERCV\_BIN signal. It is mapped to the DIM8GGIO1 data object, which is associated with the LLN0 logical device. The Health status is 'stVal', and the Indication status is 'X'.

IED, Logical Device	Health stVal	Ind1 stVal	Health stVal
RIO1, LD0			
DIM8GGIO1			
LLN0			
- GOOSERCV_BIN:0			
GOOSERCV_BIN:0		X	

Kuva 32. PCM600 - ohjelman Signal Matrix - välilehti.

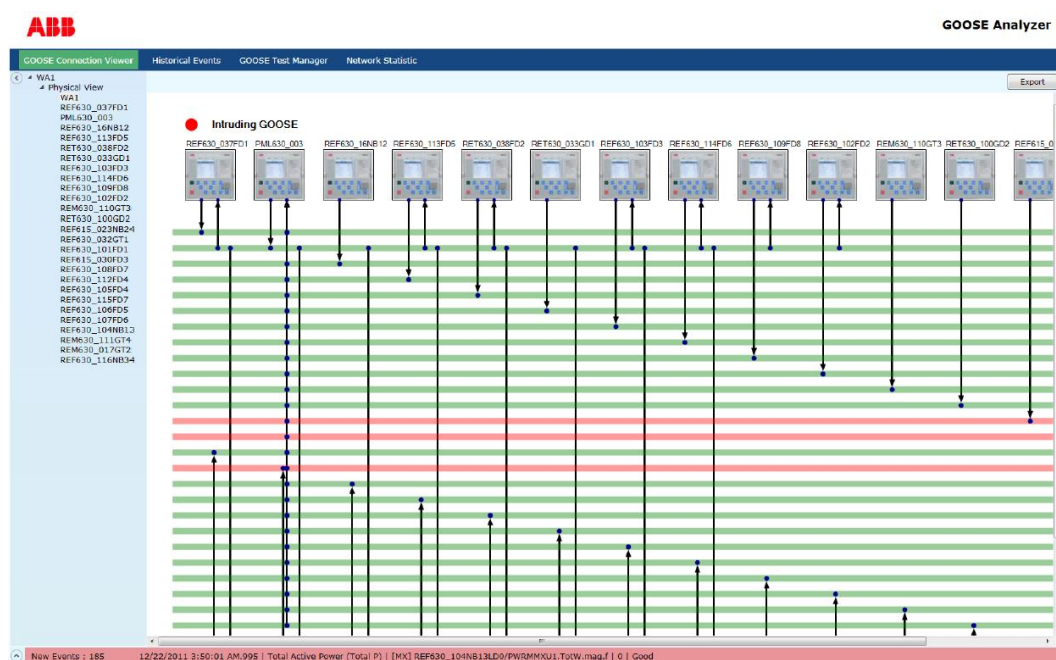


**Kuva 33.** Yksinkertaistetut ohjeet GOOSE - kommunikation luomiseen. /1/



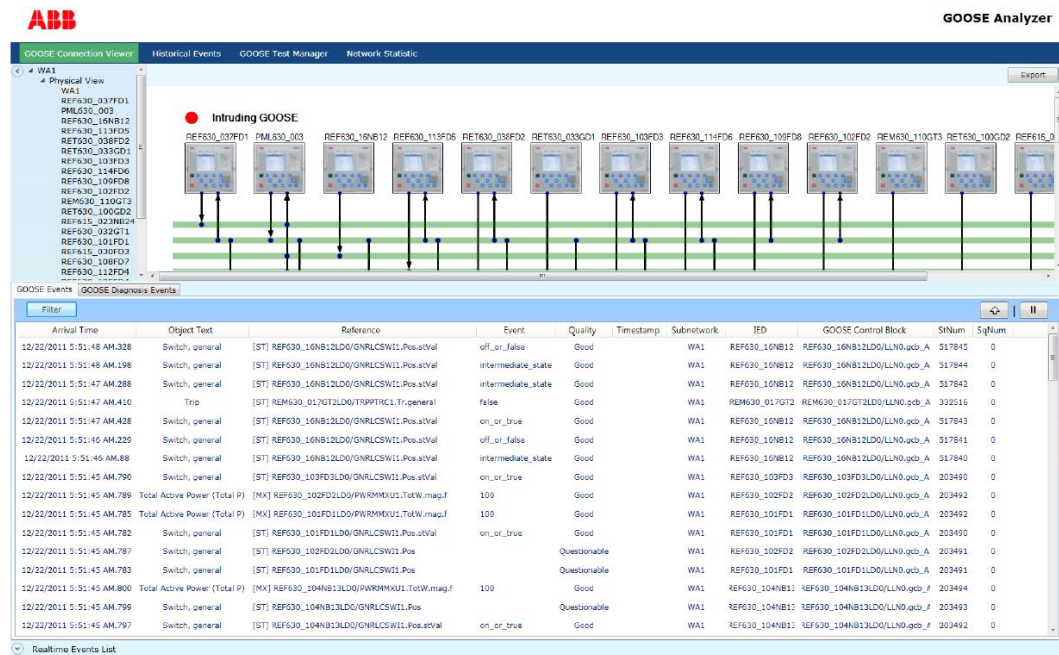
## 5.4 GAT - GOOSE Analyzer Tool

GOOSE Analyzer Tool on työkalu GOOSE -signaalien tarkkailuun. GAT koostuu palvelimesta ja käyttöliittymästä. GOOSE Analyzer-palvelin sisältää reaaliaikaisen analyysimahdollisuuden GOOSE -viestien diagnosointiin. COM600:n HMI toimii käyttöliittymänä, josta näkee signaalien siirtymisen lähettäjältä vastaanottajalle. GAT mahdollistaa reaaliaikaisen signaalien seurannan IED-laitteiden välillä. Viestintätapahtumat voi myös tallentaa historiatietokantaan ja analysoida jälkikäteen. Samoin kuin Vtrin, GAT aukeaa HMI:n kautta ja asiakasohjelmisto asennuu tietokoneelle, joten myöskään GAT ei toimi tabletilla.



**Kuva 34.** GOOSE Connection Viewer. /2/

GOOSE Connection Viewer, kuva 34, näyttää reaaliaikaisen signaalien liikkumisen IED-laitteelta toiselle GOOSE – kytkentäkaaviota pitkin. Vihreä väri kertoo yhteyden olevan kunnossa ja punainen merkitsee ongelmaa. GOOSE Analyzer HMI:llä voidaan tarkastella GOOSE tapahtumalista ja historiallisia tapahtumia. GAT:lla voidaan myös testata releitä GOOSE Test Manager – ohjelmalla. Ohjelma tallentaa kaikki tapahtumat testin ajalta muistiin. Kuvassa 35 näkyy GOOSE tapahtumalista, kaikki GOOSE - tapahtumat sisältävät seuraavat tiedot. /2/

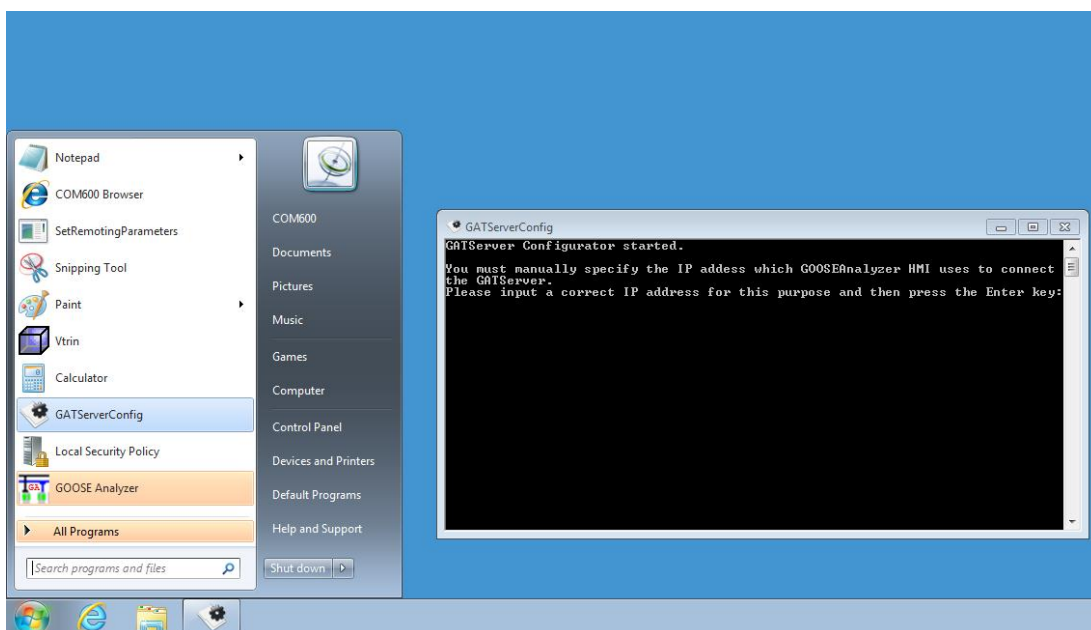


### Kuva 35. GOOSE tapahtumalista /2/

- Arrival Time: Tapahtuman aika ja päiväys
- Object Text: Kuvaus tapahtumasta
- Reference: viittaus tapahtuman attribuuttiin
- Event: tapahtuman tilatieto tai arvo
- Quality: Data Object Instance (DOI) attribuutti q (signaalin laatu)
- Timestamp: DOI attribuutti t (aika)
- Subnetwork: aliverkon nimi
- IED: IED:n nimi
- GOOSE Control Block: GOOSE control block
- StNum: GOOSE tila numero
- SqNum: GOOSE vaihe numero

GAT -ohjelman käyttöönotto vaati muutaman toimenpiteen. Ensinnäkin täytyy saada GOOSE-väylään laitteita ja tietoliikennettä, joita tarkkailla. RIO600 kappaleessa on asiasta kerrottu tarkemmin. Testissä GOOSE – viestintä kulki kahden REF615 – releen ja RIO600:n välillä.

COM600:n ohjelmista löytyy GATServerConfig – ohjelma, joka täytyy ajaa, ennen kuin GAT käynnistyy HMI:stä. Ohjelmassa määritellään GAT serverin ip-osoite, joka voi olla sama, kuin COM600:n ip. Kuvassa 36 on GATServerConfig – ohjelma käynnissä.

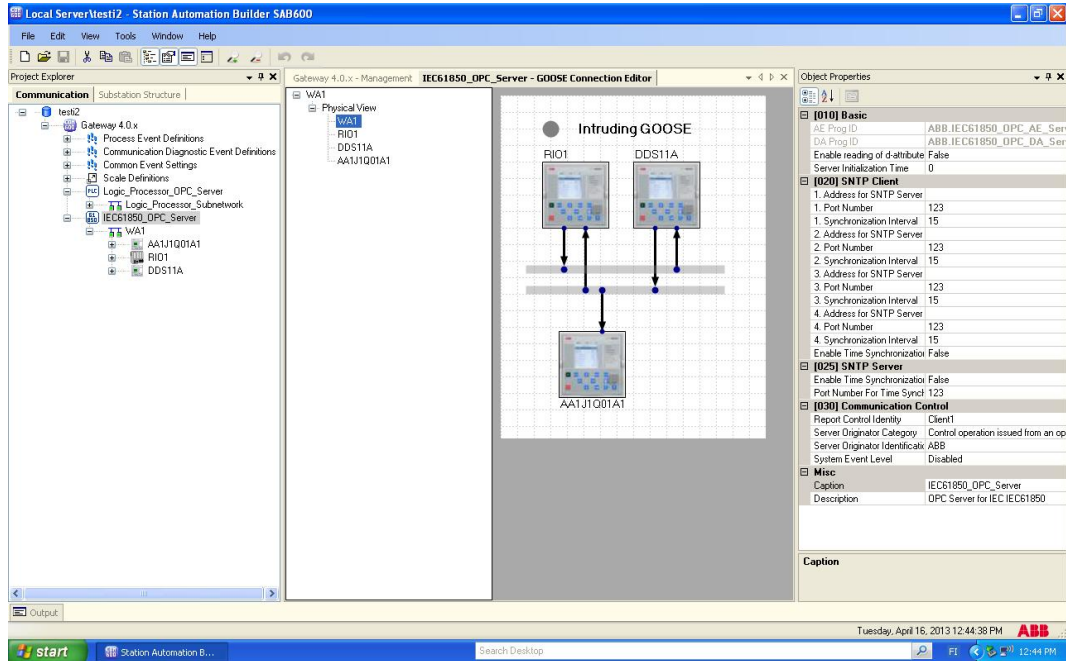


### **Kuva 36.** GAT serverin luominen

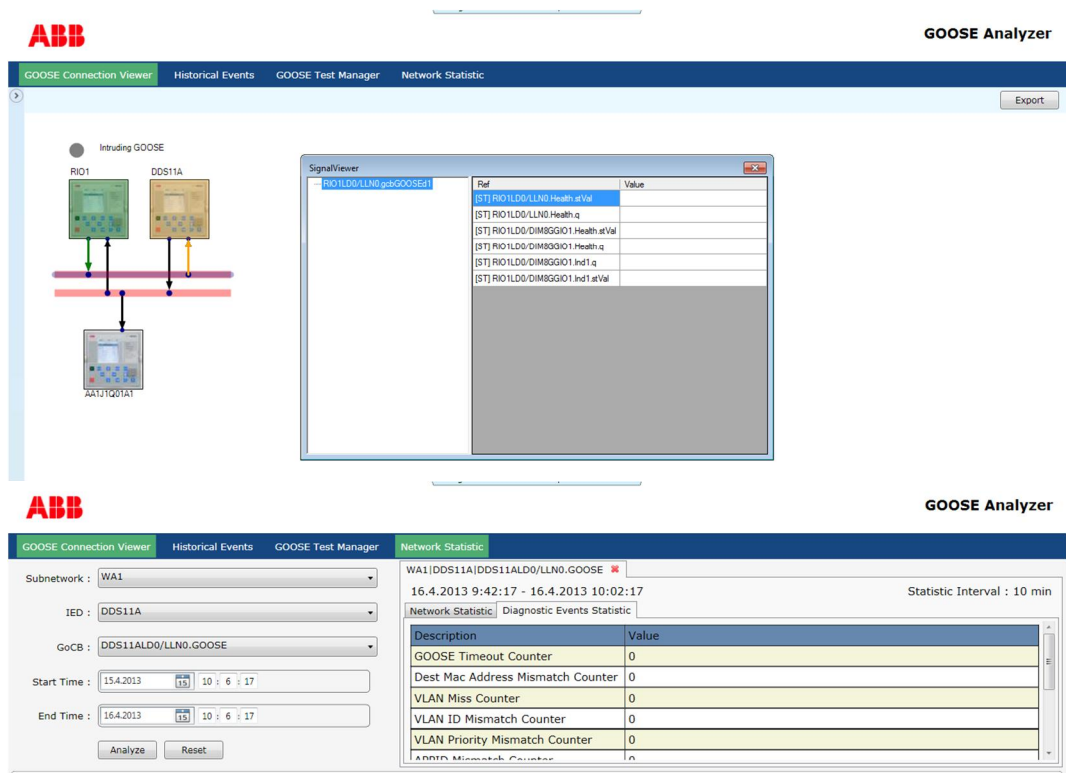
SAB600 ohjelmassa täytyy ajaa GA Configuration Wizard, joka määrittelee GAT:in asetukset SCL - tiedoston perusteella. SCL – tiedosto sisältää tiedot IED – laitteista ja väylästä. GOOSE connection editorilla, kuva 37, voi muokata GOOSE connection viewerin näkymää, kuva 38.

GAT:in käyttöönotto oli työläs ja aikaa vievä prosessi ja ohjelman kaikkien toimintojen toimintaan saaminen olisi vaatinut vielä lisää aikaa. GAT kuitenkin mahdollistaa GOOSE signaalien laajamittaisen analysoinnin ja reaaliaikaisen tarkkailun, laajuudessa, jota muilla ohjelmilla ei ole tarjolla. Ohjelman käyttö käyttöönoton jälkeen on kuitenkin yksinkertaista.





Kuva 37. GOOSE Connection Editor – työkalu SAB600 ohjelmassa



Kuva 38. GOOSE connection viewer näkymä

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekeminen oli hyvin opettavainen prosessi. COM600:n uusien ominaisuuksien lisäksi perusominaisuudet ja käyttötarkoitus täytyi selvittää. COM600 osoittautui käyttökelpoiseksi laitteeksi. Sitä käytetäänkin yleisesti Suomessa sähköasemilla ja se sopii hyvin myös teollisuuden sähköjakeluun. Laitteen kaikkien ominaisuuksien opettelu vie aikaa, mutta kun toimintatavat on kerran oppinut, uuden projektin luominen ei vie kauaa. COM600 tarjoaa vielä paljon enemmän mahdollisuuksia kuin työssä ehdittiin tutkimaan.

Työn vaativin osuus oli kaikkien laitteiden saaminen toimimaan osana projektia. ABB:n manuaaleista löytyi usein apua, mutta ilman asiantuntijoiden neuvoja monet käyttöönottovaiheet olisivat olleet vielä hankalampia. Lähteissä on koottu kaikki manuaalit ja dokumentit, joita työnaikana tarvittiin. Työn tärkein oppi oli sähköjakelun kaukokäytön laitteisiin ja järjestelmiin tutustuminen.

## LÄHTEET

- /1/ ABB Oy, 2012, Building the Physical IEC 61850 Network
- /2/ ABB Oy, 2012, Grid Automation Controller 4.0 GOOSE Analyzer 1.0 Operator's Manual. Viitattu 17.4.2013  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/13e75654db66ae89c1257a240028bdb3/\\$file/COM600\\_4.0\\_GOOSE\\_Analyzer\\_757546\\_ENa.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/13e75654db66ae89c1257a240028bdb3/$file/COM600_4.0_GOOSE_Analyzer_757546_ENa.pdf)
- /3/ ABB Oy, 2012, Grid Automation Controller COM600 4.0 Operator's Manual. Viitattu 22.4.2013.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/d919c4b57208e366c1257af700488115/\\$file/RIO600\\_conf\\_757489\\_ENb.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/d919c4b57208e366c1257af700488115/$file/RIO600_conf_757489_ENb.pdf)
- /4/ ABB Oy, 2012, Grid Automation Controller COM600 4.0 User Manual. Viitattu 22.2.2013.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/0c7613dc3fda76e8c1257a240028014f/\\$file/COM600\\_4.0\\_usg\\_756125\\_ENj.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/0c7613dc3fda76e8c1257a240028014f/$file/COM600_4.0_usg_756125_ENj.pdf)
- /5/ ABB Oy, 2012, Remote I/O RIO600 Product Guide. Viitattu 18.4.2012.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/d919c4b57208e366c1257af700488115/\\$file/RIO600\\_conf\\_757489\\_ENb.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/d919c4b57208e366c1257af700488115/$file/RIO600_conf_757489_ENb.pdf)
- /6/ ABB Oy, ABB Image Bank.  
<http://imagebank.abb.com/ABB.ImageBank.SitePages/Home.aspx>
- /7/ ABB Oy, ABB lyhyesti, Ydinliiketoiminnat. Viitattu 23.1.2013.  
<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx>
- /8/ ABB Oy, ABB review – Special Report IEC 61850. Viitattu 5.3.2012  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/ba5c0d1cacc015a7c12577840033f1a2/\\$file/abb\\_sr\\_iec\\_61850\\_72dpi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/ba5c0d1cacc015a7c12577840033f1a2/$file/abb_sr_iec_61850_72dpi.pdf)
- /9/ ABB Oy, ABB Suomessa. Viitattu 1.3.2013.  
<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/0b5e2755355c156dc12579bb003910a4.aspx>
- /10/ ABB Oy, Tuotteet ja järjestelmät Sähköverkon suojaus- ja automaatiotuotteet Sähköasema-automaatio COM600. Viitattu 23.1.2013.  
<http://www.abb.fi/product/db0003db004281/950e26e7bd055df6c125755a001d8b63.aspx?productLanguage=us&country=FI>
- /11/ ABB Oy, Tuotteet ja järjestelmät Sähköverkon suojaus- ja automaatiotuotteet Sähköasema-automaatio RIO600. Viitattu 18.3.2013.  
<http://www.abb.com/product/db0003db004281/a7d0ca2de03dda79c1257911003fe904.aspx?productLanguage=us&country=FI>

- /12/ ABB Oy, UniGear with Station Automation. Viitattu 25.2.2013  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/ce6fc03789306cecc12576ce00236a30/\\$file/UniGear\\_with\\_SA\\_broch\\_1VLC000051\\_ENb.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/ce6fc03789306cecc12576ce00236a30/$file/UniGear_with_SA_broch_1VLC000051_ENb.pdf)
- /13/ ABB Oy, Yksikkömme Suomessa, Process Industry. Viitattu 11.3.2013.  
<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/c09d4a6f5d851027c12579610031c13b.aspx>
- /14/ Bertell, C., 2008 Pro gradu.
- /15/ Hakala-Ranta A., Rintamäki O., Starck J. 2009. Utilizing possibilities of IEC 61850 and GOOSE. Viitattu 25.3.2013.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/3ff2dbcff3a10556c12575e60043b35f/\\$file/abb\\_whitepaper\\_cired\\_2009\\_0741.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/3ff2dbcff3a10556c12575e60043b35f/$file/abb_whitepaper_cired_2009_0741.pdf)
- /16/ Helsingin Sanomat 21.3.2013. Tuhansia aukkoja tietoturvassa.
- /17/ Jeffrey V. 2010. Power Up Your Plant, An introduction to integrated process and power automation.
- /18/ Koski J., 2011. Sähkölaitostekniikka luentoesitys.
- /19/ Mäkinen O., 2009. Relesuojaus luentomoniste.
- /20/ Mörsky J., 1993. Relesuojaustekniikka.
- /21/ Nieminen J., 2010. Väyläjärjestelmät luentomoniste.
- /22/ Smithsonian.com Richard Clarke on Who Was Behind the Stuxnet Attack Viitattu 20.3.2013. <http://www.smithsonianmag.com/history-archaeology/Richard-Clarke-on-Who-Was-Behind-the-Stuxnet-Attack.html>
- /23/ Tiilikainen S., Manner J., 2013. Suomen automaatioverkkojen haavoittuvuus. Viitattu 22.3.2013. <https://research.comnet.aalto.fi/public/Aalto-Shodan-Raportti-julkinen.pdf>
- /24/ Tuovinen O., 2011. Datasiirron perusteet luentomoniste.
- /25/ Vitkala, A., 2012. Automaation edut ja vaikeudet keskijänniteverkon muuntamoissa. Opinnäytetyö. Viitattu 28.2.2012.
- /26/ Yle uutiset 20.4.2010. Viitattu 1.3.2013  
[http://yle.fi/uutiset/tuomioistuin\\_uruguayn\\_sellutehdas\\_ei\\_riko\\_ymparisto\\_saadoksia/5548400](http://yle.fi/uutiset/tuomioistuin_uruguayn_sellutehdas_ei_riko_ymparisto_saadoksia/5548400)

