



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SUOJARELEEN KONFIGUROINTI JA KOMMUNIKAATIO

Niko Seiko

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2018  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

SEIKO, NIKO:  
Suojareleen konfigurointi ja kommunikaatio

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Marraskuu 2018

---

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda Elomatic Oy:lle konfiguraatio-ohje keskijännitelähdön suojaamisessa käytettävään suojareleeseen. Työssä kerrotaan valitun laitevalmistajan suojarelemalleista, valintaperusteista sekä suojareleiden sisältämistä suojausfunktioista. Lisäksi esitellään älykkään suojareleen konfiguraation vaatimat ohjelmistot ja työkalut.

Sähkölaitteiden digitalisointiin on panostettu paljon, joten vanhat mekaaniset sähkölaitteet ovat historiaa. Nykyään suojareleet ovat älykkäitä sähkölaitteita, jotka toimivat osana suurempaa tietoliikenneväylää. Älykkäät suojalaitteet mahdollistavat väyläpohjaisesti etäkäytöt sekä jatkuvan informatiivisen datan keräämisen verkon ylitse ja niitä voidaan hallinnoida erillisellä sähköverkon hallintajärjestelmällä.

Tietoliikennestandardista IEC 61850 on koottu suojareleisiin liittyvät asiat. Suojareleen tapahtuman generointi tietosarjaan sekä raportinohjauslohkojen toiminta on pyritty tuomaan esimerkkien pohjalta esiin, jotta laitteiden kommunikaatioperiaate saadaan tuotua paremmin esiin.

Suojareleen asetteluja varten on luotu PC-ohjelmistot, joten enää ei jouduta asettelemaan asetusrvoja suojareleiden etupaneelista. Opinnäytetyön loppuosassa käsitellään älykkään suojareleen konfiguraatiota sekä käytönvalvonnan mahdollisuuksia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin yritykselle toimintamalli älykkään suojareleen valintaan, kommunikaatioon ja yleiseen konfiguraatioon. Lisäksi yritykselle koottiin suojareleisiin liittyvää tietoa jakokeskusten tietoliikennestandardista IEC 61850.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Electrical and Automation Engineering  
Automation Engineering

SEIKO, NIKO:  
Configuration and communication of protection relay

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 4 pages  
November 2018

---

The purpose of the thesis is to create to Elomatic Oy a configuration manual for the protection relay used to protect the medium voltage output. The thesis describes the protection elements, selection criteria and protection functions of the selected equipment manufacturer. Additionally, the software and tools required for the smart protection relay are described.

Much has been invested in digitalisation of electrical equipment, so old mechanical electrical devices are history. Today, protection relays are intelligent electrical equipment as part of a larger communications bus. Intelligent protection devices enable bus-based remote access and continuous information gathering over the network. In addition, the protection devices can be managed by a separate power grid management system.

The communication standard IEC 61850 has assembled issues related to the protection relay. The protective relay event is generated in a data set and the operation of the report control blocks has been attempted to emerge from the examples in order to better understand the intelligibility of the devices communication.

PC software has been created for device configuration, so you no longer have to set the set values on the cover of the protection relay. The final part of the thesis deals with the configuration of the intelligent protection relay and the possibilities of supervision.

As a result of this thesis, the company was given an operating model for intelligent protection relay selection, communication and general configuration. In addition, information on protection relays was compiled for the company on the IEC 61850 communication standard.

---

Key words: supervision, medium voltage, automation, IEC 61850, IED, smart grid

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	SÄHKÖNJAKELUAUTOMAATIO JA KOJEISTON VALVONTA .....	7
2.1	Suojareleet ja valintaperusteet .....	7
2.2	Siemens S7-1500 PLC ja vaaditut lisäkirjastot.....	13
3	OHJELMISTOT.....	14
3.1	Suojareleen konfiguraatio.....	14
3.2	Suojareleen monitorointiohjelma .....	15
3.3	IEC 61850 väyläliikenteen testausohjelma.....	16
3.4	Logiikan konfiguraatio-työkalu .....	17
4	JÄRJESTELMÄN KOMMUNIKAATIO .....	19
4.1	Tietoliikennestandardi IEC 61850 .....	19
4.1.1	Data-malli ja muistialueet .....	19
4.1.2	Tietosarjat ja raportinohjauslohkot .....	22
4.1.3	Laitteiden välinen kommunikaatio .....	24
4.1.4	Tiedonsiirtoprotokollien vertailu .....	25
5	SUOJARELEEN KONFIGUROINTI.....	26
5.1	Ohjelman ja suojareleen yhteys .....	26
5.2	Ohjelmoinnin järjestys .....	29
5.3	Yleiset asetukset.....	31
5.4	Sisääntulot ja ulostulot .....	37
5.5	Suojaukset.....	37
5.6	Kommunikaatio.....	38
5.7	Älykkään sähkölaitteen ominaisuuskuvaus .....	44
6	KÄYTÖNVALVONTA .....	46
7	POHDINTA .....	47
	LÄHTEET .....	48
	LIITTEET.....	49
	Liite 1. IEC 61850 Client Library, 2015, interface configuration. ....	49
	Liite 2. Siemens 2015, IEC 61850 client library, StatCon, STATIONDevice CONfiguration tool. ....	50
	Liite 3. IEC 61850 interface configuration.....	51
	Liite 4. TCS-toiminto kahdella digitaalisella sisääntulolla.....	52

**ERITYISSANASTO**

IED	Intelligent Electronic Device, Älykäs sähkölaite
STANDARD	Perusmalli (suojarele)
ADVANCED	Edistynyt malli (suojarele)
I/O	Inputs / Outputs, Tulot / Lähdöt
DO	Data Object, Tieto-objekti
DA	Data Attribute, Tieto atribuutti
LN	Logical Node, Looginen solmu
LD	Logical Device, Looginen laite
FC	Functional Constraint, Toiminnallinen rajoitus
RCB	Report Control Block, Raportinohjauslohko
BRCB	Buffered RCB, Puskuroitu raportinohjauslohko
URCB	Unbuffered RCB, Puskuroimaton raportinohjauslohko
MMS	Manufacturing Message Specification, viestintä-standardi
GOOSE	Generic Object-Oriented Substation Event, Yleinen kohde- pohjainen sähköasema tapahtuma
GGIO	Generic Process I/O, Yleinen prosessi sisääntulo / lähtö
GCB	Goose Control Block, Goose-ohjauslohko
SNTP	Simple Network Time Protocol, Yksinkertainen täsmällisen aikatiedon-protokolla
FTP	File Transfer Protocol, Tiedonsiirto-protokolla
ICD	IED Capability Description, Älykkään sähkölaitteen ominai- suuskuvaus
SCL	Substation Configuration Language, Sähköasema-automaa- tion konfigurointikieli
DATA SET	Tietosarja
EVENT	Tapahtuma
PUBLISHER	Julkaisija, tietoa lähettävä IED
SUBSCRIBER	Tilaaaja, tietoa vastaanottava IED
REMOTE	Etäohjaus
LOCAL	Paikallisohtaus
DR	Disturbance Record, häiriönauhoitus
AR	Auto Reclosure, automaattinen aikajälleen-kytkentä

## 1 JOHDANTO

Sähköverkkoa suojaavat suojaareleet ovat kehittyneet digitalisaation myötä. Vanhat mekaaniset suojaareleet ovat korvautuneet ohjelmoitavan logiikan sisältävillä älykkäillä suojaareleilla. Lisäksi toiminta-aika on nopeutunut ja suojaustoimintojen määrä on moninkertaistunut.

Älykkäät suojaareleet keräävät ja lähettävät reaaliaikaista verkkotietoa analysoitavaksi. Verkkotiedot voidaan siirtää esimerkiksi simulointiohjelmaan, pilvipalveluun tai verkkoa hallinnoivan yrityksen järjestelmään. Verkkotietojen siirtäminen pilvipalvelulla eteenpäin on luonut yrityksille mahdollisuuden tarjota asiakkaalle esimerkiksi energiatehokkuutta ja turvallisuutta parantavia ratkaisuja.

Opinnäytetyö tehdään Elomatic Oy:n verkostolaskentatiimin projektin yhteydessä helpottamaan Elomatic Oy:n suunnittelijoita heidän työssään automaation huomioimiseksi. Lisäksi luodaan käyttöohje keskijännitekojeiston älykkään suojaareleen valintaan ja konfiguraatioon sekä kootaan suojaareleisiin liittyviä asioita jakokeskusten tietoliikennestandardista IEC 61850.

## 2 SÄHKÖNJAKELUAUTOMAATIO JA KOJEISTON VALVONTA

Sähkönjakeluautomaation tarkoitus on suojata, valvoa, ohjata sekä optimoida keskijänniteverkkoa. Lisäksi tällä saavutetaan turvallisuutta, luotettavuutta sekä parannetaan suorituskykyä. (ABB Oy, 2005).

### 2.1 Suojareleet ja valintaperusteet

Älykkäät suojareleet ovat tarkoitettu suojaamaan johto-, moottori-, muuntaja- ja generaattorilähtöjä sekä antavat suojaa henkilövahingoilta ja laitevaurioilta. Lisäksi suojareleen avulla saadaan kerättyä runsaasti mittaustietoa sen suojaamaasta alueesta ja siirrettyä mittaustietoa väylän avulla käytönvalvontajärjestelmään sekä muille mittaustietoa tarvitseville sähkölaitteille. (ABB Oy, 2005).

Sähköverkon käytönvalvontajärjestelmät mielletään usein SCADA-järjestelmäksi. Tekniikan kehitys on luonut mahdollisuuksia suunnittelutoimiston luoda omia luotettavia sähköverkon hallintajärjestelmiä. Opinnäytetyön tarkoitus on tuoda esiin mahdollisuus luoda sähköverkon hallintaratkaisua, jossa käytönvalvonnan tila- ja mittaustiedot sekä ohjaukset voidaan tuoda automaatioprosessin logiikalle. Laitevalmistajat opinnäytetyöhön on valittu yhteistyön sekä järjestelmien yhteensopivuuden kautta. Lisäksi suojarele ja automaatiologiikan valmistajilta löytyvät IEC 61850 -standardia tukevat laitteet.

Schneider Electric Oy lanseerasi 2017 vuoden lopussa markkinoille uuden Easergy P-tuoteperheen, joka tulee vähitellen korvaamaan aikaisemmat laitevalmistajan suojareleet. Suojarele-sarjasta otettiin tarkasteluun Easergy P3-suojarele, jossa on monipuoliset suojausfunktiot ja applikaatiot keskijänniteverkon suojaamiseen. Suojarele tukee yleisimpiä protokollia sekä siihen on saatavilla eri kombinaatioita I/O-korteista. (Schneider Electric: Easergy P3, 2017).

#### Suojarelemallit

Schneider Electric Easergy P-sarjaa on saatavilla tällä hetkellä vain P3-suojareleenä, mutta tulossa ovat ainakin P1-, P5- ja P7-suojareleet. P3-suojareleet ovat jaettu kahteen

kategoriaan Standard eli perusmallit (P3Ux0) sekä Advanced eli edistyneet mallit (P3x3x). Perusmalli on tarkoitettu yksinkertaiseen kisko-, johtolähtö-, moottorilähtö- tai kondensaattorisuojaukseen. Mallivalinnan helpottamiseksi on luotu seuraava taulukko 1.

TAULUKKO 1. Suojareleen valintataulukko (Schneider Electric: Easergy P3, 2017)

<b>Lähdönsuojaus</b>
P3U10...20...30 Yleinen suojaus
P3F30 Syötönsuojaus
P3L30 Linjasuojaus, differentiaali- ja distanssisuojaus
<b>Muuntajasuojaus</b>
P3U10...20...30 Yleinen suojaus
P3T32 Muuntajasuojaus, differentiaalisuojaus
<b>Moottorisuojaus</b>
P3U10...20...30 Yleinen suojaus
P3M30 Moottorisuojaus
P3M32 Moottorisuojaus, differentiaalisuojaus
<b>Generaattorisuojaus</b>
P3U10...20...30 Yleinen suojaus
P3G30 Generaattorisuojaus
P3G32 Generaattorisuojaus, differentiaalisuojaus
<b>Kiskostosuojaus</b>
P3U10...20...30 Yleinen suojaus
<b>P3-Suojareleen yleisiä ominaisuuksia</b>
Väylät mahdollista toteuttaa kuidulla
Virtaliitin tekee automaattisesti oikosulun, jolloin liitoksen tila on tiedossa
Suojareleen näyttöön pystytään luomaan yksinkertainen pääkaavioesitys suojattavasta verkon osasta
Suojarele pystyy käsittelemään kahta protokollaa samanaikaisesti

Suojareleet ovat modulaarisia, mutta tilausvaiheen jälkeen korttien vaihto on käytännössä estetty, joten tilausvaiheessa tulee kiinnittää erityistä huomiota suojareleen valintaan. (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018).



## Suojareleen valintaan vaikuttavia tekijöitä

Trip Circuit Supervisor (Ansi 74) eli suojareleen laukaisupiirinvalvonta on tärkeä ottaa huomioon suojareleen kynnyksjännitettä valitessa. Yleinen tapa on luoda laukaisupiirinvalvonta kahdella digitaalisella sisääntulolla suojareleeseen. Ensimmäisellä digitaalisella tulolla pystytään valvomaan katkaisijan tilaa suoraan katkaisijan apukoskettimelta sekä toisella digitaalisella sisääntulolla pystytään valvomaan ensimmäisen apukoskettimen luotettavaa toimintaa. TCS-toiminnon kytkennässä on tärkeää huomata, että katkaisijan ollessa auki-asennossa TCS-piirin molemmat digitaalitulot ovat aktiivisena sarjankytkennässä. Tästä johtuen ohjausjännite on oltava kaksinkertainen kynnyksjännitteeseen verrattuna. Mikäli ohjausjännite on alhaisempi kuin kaksi kertaa kynnyksjännite, niin jälkimmäiselle digitaalisääntulolle ei välttämättä jää toimintaan vaadittua virtaa (3 mA) sekä jännitettä (noin 80 %:a määritellystä nimellisaktivointijännitteestä eli valitusta digitaalitulon nimellisjännitteestä). Lisäksi on huomioitava mahdollinen ohjausjännitteen toleranssi. Ansi 74-koodin mukaisessa suojausfunktiossa kaksinkertaisen ohjausjännitteen vaatimus kynnyksjännitteeseen (digitaalitulon nimellisjännitteeseen) verrattuna nähdään liitteessä 4

TCS-toiminto on mahdollista toteuttaa myös yhdellä digitaalisella sisääntulolla, jolloin piiriin joudutaan määrittämään ulkoinen vastus (Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

Suojareleen valintaa havainnollistava esimerkki on kohdistettu 6 kV:n keskijännitekojeiston moottorilähtöön. Suojareleen tarkentava valintataulukko 2 esitellään moottorisuojaukseen tarkoitettua edistyneestä mallista P3M30.

TAULUKKO 2. Suojareleen valintaan vaikuttavat tekijät (Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017)

<b>Määrittäminen</b>	<b>Kuvaus</b>
Käyttöjännite	Releen nimellinen käyttöjännite
I/O	Tarvittavien tulojen ja lähtöjen määrä
RS232	Tarvitaanko liitäntää mahdollisille alaseemille tai valokaarivahti laitteille
Skaalaus	Virta- ja jännitemittauksiin eli virta- ja jännitemuuntajien tiedot, suojattavan moottorin nimellistiedot. Erityisen tärkeä differenssisuojissa, joissa asetuksilla ei voi muuttaa skaalausta.
Kommunikaatio-portit	Määrä ja tyyppi. Esimerkiksi kuitu- tai Ethernet-portti
Näyttöpaneeli	Paikallinen vai ulkoinen
Kynnysjännite eli aktivointijännite	<p>Kynnysjännitteen valinnassa tulee huomioida, että käytettävä ohjausjännite on varmasti yli vaaditun kynnysjännitteen arvon. Asiakkaan käyttämä ohjausjännitteen taso saattaa olla esimerkiksi vain 80% ilmoitetusta tasosta, jolloin kynnysjännitteen valinta suojareleeseen tulee tarkastella sen mukaisesti.</p> <p>Esimerkiksi 220 VDC ohjausjännitteellä on perusteltua käyttää 110 VDC kynnysjännitettä, jolloin kynnysjännite ylittyy ja katkaisu tapahtuu varmasti. Lisäksi mikäli käytetään kahden digitaalitulon TCS-toimintoa, niin ohjausjännitteen on oltava kaksinkertainen verrattuna kynnysjännitteeseen.</p>

P3M30-mallin valintatunnukseen on määrätty ennalta 3 ominaisuutta, joihin ei pystytä vaikuttamaan. Lukittuihin ominaisuuksiin liittyvät kirjaimet ovat lihavoituja ja ne näkyvät taulukossa 3, jossa esitetään P3M30-suojareleen tilaustunnuksen muodostamisesta seuraavilla valinnoilla.

TAULUKKO 3. Tilaustunnuksen muodostuminen (Schneider Electric: Easergy P3, 2017).

<b>Kirjainkoodi</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Valinta</b>
C	Nimellinen käyttöjännite	110-230 V
<b>G</b>	Valinnainen I/O-paikka 1	Ei valittavissa eli ominaisuus
I	Valinnainen I/O-paikka 2	10 x DI
I	Valinnainen I/O-paikka 3	10 x DI
A	Valinnainen I/O-paikka 4	Ilman korttia (Ei tarvita)
K	Valinnainen kortti-paikka	RS232
<b>A</b>	Ominaisuus	Ei valittavissa eli ominaisuus
F	Analoginen mittauskortti	3L(1A)+4U+2lo
R	Kommunikaatio	Lasi/Lasi kuituliitântä
<b>A</b>	Ominaisuus	Ei valittavissa eli ominaisuus
B	Näyttö	128 x 128 mm LCD
B	DI nimellinen operointijännite	110-230 V AC/DC

Suojareleen tilaustunnus koostuu aina numeroista ja kirjaimista sekä on seuraavaa muotoa:

- Perusmallit, malli-xxxx-xxxx
- Edistyneet mallit, malli-xxxxx-xxxxx-xx

Taulukon 3 esimerkin mukainen tilaustunnus on seuraava:

P3M30-CGIIA-KAFRA-BB

(Schneider Electric: Easergy P3, 2017).

## Suojausfunktiot

Schneider Electricin Easergy P3-suojareleiden mallit standard ja advanced sisältävät yli 40 suojausfunktiota. (Schneider Electric: Easergy P3, 2017). Suojausfunktioiden esimerkkejä nähdään seuraavassa taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Suojausfunktioita suojareleessä

ANSI	IEC-Symboli	Kuvaus
50	I>, I>>	Ylivirta
51	I>>>	Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuojaja
46	I2>	Vinokuormitussuojaus, vaihekatkosuojaja
32	P<, P<<	Takatehosuojaja
50N	I0>, I0>>	Maasulkusuojaja
27	U<, U<<, U<<<	Kolmivaiheinen alijännitesuojaja
59	U>, U>>, U>>>	Kolmivaiheinen ylijännitesuojaja
59N	U0>, U0>>	Nollajännitesuojaja
81	f><, f>><<, f<	Taajuussuojaus, Yli- ja alitaajuussuojaja
49M	T>	Terminen ylikuorma moottoreille
48	IST>	Moottorien käynnistyksen valvonta
50BF	CBFP	Katkaisijavikasuojaja

(Elomatic Oy: Verkostolaskenta, 2018).

Advanced malli sisältää lisäksi differentiaalisuojauksen sekä linja-malli distanssisuojauksen. (Schneider Electric: Easergy P3, 2017).

Differentiaalisuojauksella tarkoitetaan monikäyttöistä suojausta. Se soveltuu kaikkien verkon osien kuten muuntajien, koneiden, kiskostojen sekä johtojen suojaukseen. Suojauksen toimintaperiaate muodostuu suojattavan kohteen tulevien ja lähtevien virtojen vertailusta. Toisin sanoen tulevien ja lähtevien virtojen amplitudi tai vaihekulma ei saa poiketa toisistaan yli asetellun arvon. Mikäli suojarele havaitsee poikkeaman, niin suojaus

aktivoituu ja siitä seuraa katkaisijan laukaisu. Differentiaalisuojaus on absoluuttisesti selektiivinen koska vian havaitseminen tapahtuu suojattavan kohteen suojausalueella eli virranmittauspisteiden välisellä alueella. (ABB: TTT-käsikirja 2000-07).

Distanssisuojaus eli suunnattu tai suuntaamaton vakioaikainen ali-impedanssisuojaus. Yleisesti käytetty suojaustapa rengasverkoissa tai silmukoidussa jakeluverkossa, siirtoverkossa ja heikoissa säteittäisverkoissa. Distanssisuojauksessa pätevät myös aikaselektiivisyyden peruseriaatteet eri toimsuuntiin. Aikaselektiivisessä suojauksessa mitataan vaihevirtoja sekä pää- tai vaihejännitteitä, joiden perusteella määritellään verkon näennäinen impedanssi. Suojaus toimii, jos mitattu impedanssi on alle asetellun arvon (ABB: TTT-käsikirja 2000-07).

## **2.2 Siemens S7-1500 PLC ja vaaditut lisäkirjastot**

PLC-valmistajista Siemens tarjoaa suoraan yhteensopivaa lohko-kirjastoa (block-library) käytönvalvonnan vaatimaan IEC 61850 -standardin mukaiseen kommunikaatioväylään. Lohko-kirjaston vuoksi Siemensin logiikka on yksi erittäin hyvä ja luotettava vaihtoehto toteuttaa esimerkiksi ulkopuolinen kojeiston käytönvalvonta.

Yleisesti prosessipuolen työt ovat laajempia sekä logiikalta vaaditaan enemmän, joten S7-1500-sarjan logiikka on perusteltua ottaa käyttöön IEC 61850 -standardia vaativassa kohteessa. Toiset logiikkavaihtoehdot, joihin on saatavilla IEC 61850-standardia tukeva lohko-kirjasto ovat S7-300 ja S7-400. Vaadittu lisäkirjasto logiikkaan on IEC 61850 Client Library. Yleisesti logiikan tarvitseman I/O:n määrä riippuu aina projektista. Logiikan laitevalmistajalta löytyy vaaditun lisäkirjaston käyttöönottoa varten kattava manuaali, joka on lisätty opinnäytetyön liitteeksi 2.

### 3 OHJELMISTOT

Suojareleen konfiguraation ja kommunikaation luomiseksi on käytettävä eri työkaluohjelmia, jotta kaikki ominaisuudet suojareleistä saadaan käyttöön. Lisäksi suojareleitä on mahdollista ohjata ja monitoroida mobiilipäätteeltä sekä testata IEC 61850 standardin mukaista väyläliikennettä siihen tarkoitettulla testiohjelmalla.

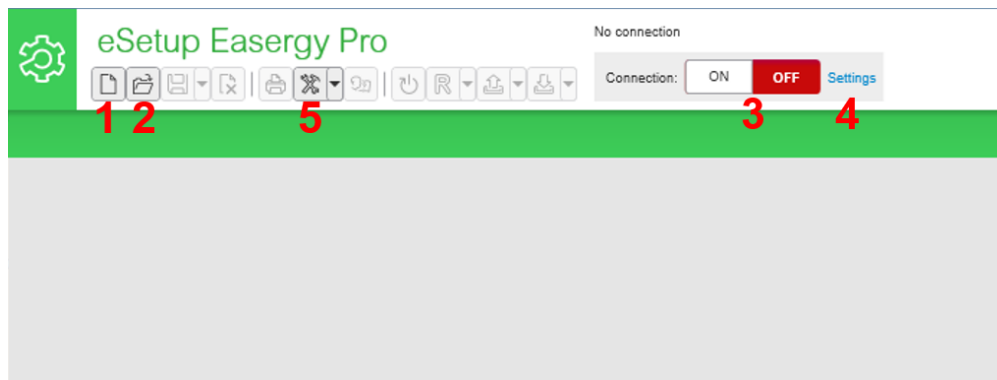
#### 3.1 Suojareleen konfiguraatio

Schneider Electricin 2017 luoma konfiguraatio-työkalu eSetup Easergy Pro on tarkoitettu pääosin uuden P-sarjan suojareleiden konfiguraatioon, mutta on osittain soveltuva myös valmistajan vanhempiin malleihin.

Ohjelma luokittelee suojareleen ominaisuudet seitsemään välilehteen:

- Yleinen
- Mittaukset
- Sisään- ja ulostulot
- Suojaus
- Matriisi
- Lokit
- Kommunikaatio

Ohjelma on saatavilla laitevalmistajan verkkosivuilta sekä latauksen jälkeen se suoritetaan exe-pohjaisesti kovalevyllä. Kaikki kirjastot sekä laitteen ominaisuudet ovat aina suojareleessä. Työkalu-ohjelmisto tarvitaan aina ottamaan nämä kirjastot sekä ominaisuudet suojareleessä käyttöön. Ohjelmalla pystytään käytetyt konfiguraatiot tallentamaan. Mikäli on identtisiä verkon suojauksia, niin suojareleisiin pystytään kopioimaan samat konfiguraatio-asetukset ja näin ollen nopeuttamaan konfiguraatiota. Seuraavassa kuvassa 1 nähdään eSetup Easergy Pro-käyttöliittymän aloitusnäky.

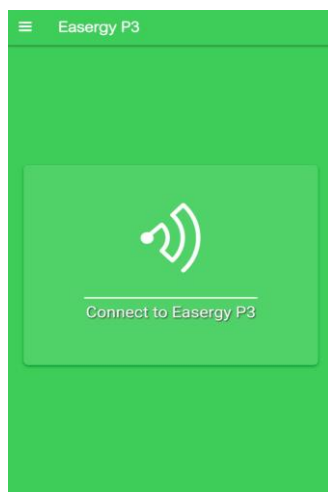


KUVA 1. eSetup Easergy Pro aloitusnäky.

Aloitusnäky työkaluriviltä päästää avaamaan uusi projekti (1) tai vaihtoehtoisesti avaamaan vanha tallennettu projekti (2). Lisäksi aloitusnäky päästää aktivoimaan yhteys suoja-alueeseen (3) ja muuttamaan yhteys-asetuksia (4) sekä päivittämään ohjelmaversio tai luomaan SCL-tiedosto (5). (Schneider Electric: Luentomateriaali JL/SSa, 2014).

### 3.2 Suoja-alueen monitorointiohjelma

Schneider Electricin luoma Easergy SmartApp-mobiilisovellus on tarkoitettu Android-pohjaisiin älypuhelin tai tabletti laitteisiin. Sovellus on saatavilla Google Play-kaupasta. Sovelluksella ei voi konfiguroida suoja-alueita. Sovellus on tarkoitettu huoltohenkilökunnalle ja sen avulla voidaan tarkkailla tai ohjata lähtöjen tiloja, nähdään mittaustiedot sekä löydetään vikoja helpommin. Seuraavassa kuvassa 2 nähdään Easergy SmartApp käyttöliittymän aloitusnäky.

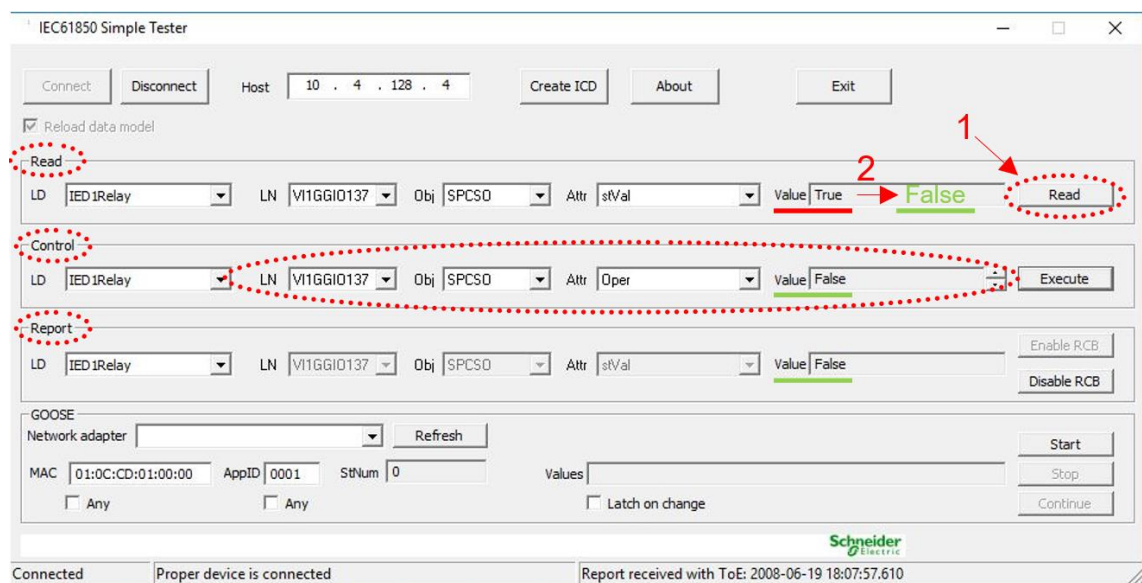


KUVA 2. Easergy SmartApp-mobiilisovellus.

Aloituskäytännön keskellä näkyvästä ikonista klikkaamalla avautuu ikkuna suojarieleeseen kytketymiseksi. Kyselyyn syötetään suojarieleen IP-osoite sekä porttinumero. Kytketymisen mahdollistamiseksi mobiililaitteen on oltava samassa suljetussa verkossa suojarieleen kanssa. Tietoturvan ja väärinkäyttäjien vuoksi suojarieleitä ei saa koskaan kytkeä avoimeen tietoliikenneverkkoon. (Schneider Electric: Lehto, 2017).

### 3.3 IEC 61850 väyläliikenteen testausohjelma

Suojarielevalmistajan luoma IEC 61850 Simple Tester on yksinkertainen testaus-ohjelma, jonka avulla testataan IEC 61850 -standardin mukainen PC:n ja suojarieleen välinen väyläliikenne. Ohjelma pitää sisällään luku-, ohjaus-, raportointi- ja Goose-toiminnot. Yhteys luodaan asettamalla laitteen IP-osoite sille varattuun kenttään sekä klikkaamalla yhdistänpainia. Seuraavassa kuvassa 3 nähdään ohjelmisto-ikkuna.



KUVA 3. IEC 61850 Simple Tester

Kuvassa 3 PC on yhdistetty P3-suojarieleeseen, josta tarkastellaan virtuaalisen sisääntulo 1:n tilaa. Ohjausriviltä (Control) on asetettu virtuaalinen sisääntulo 1 ”epätodeksi”. Raportointi (Report) on kytketty päälle, jolloin tieto tilan muutoksesta päivittyy automaattisesti raportointi-riville ”epätodeksi”. Luku-rivi (Read) on haettava manuaalisesti lukupainiketta klikkaamalla (1), jolloin vanha tieto päivittyy nykyiseen arvoon ”epätosi” (2). Lisäksi kuvasta 3 on hyvä havaita valintavalikkojen vasemmalla puolella olevat termit,



jotka tulevat olemaan käsittelyssä staattisessa tietorakenteessa eli suojureleen ohjelmistorakenteessa:

- LD eli logical device, laitenimi
- LN eli logical node, looginen solmu
- OBJ eli object, kohde
- Attr eli attribute, attribuutti
- Value eli arvo

Näiden edellä mainittujen kohtien täytön jälkeen testaus-ohjelma osaa hakea väylän kautta suojureleen ohjelmistorakenteen mukaisesti juuri sen oikean arvon, joka näytetään esimerkiksi testausohjelmassa kohdassa "Value". (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016).

### **3.4 Logiikan konfiguraatio-työkalu**

TIA Portal V15 on Siemensin ohjelmointityökalu logiikalle, joka yhdistää seuraavat asiat:

- Ohjelmoitavan logiikan (SIMATIC STEP 7)
- Visualisoinnin (SIMATIC WinCC)
- Taajuusmuuttajakäytöt (SINAMICS StartDrive)
- Turvatekniikan
- Väyläliitynnät

Suojareleiden kytkeminen prosessiväylään tapahtuu TiaPortal-ohjelman avulla. Suojareleestä saadaan ICD-tiedosto, joka tuodaan TiaPortal-ohjelmaan. Suojareleet kytketään logiikan kanssa samaan IEC 61850 –standardin mukaiseen väylään, jonka jälkeen TiaPortal-ohjelmisto pystyy näyttämään ICD-tiedoston avulla suojarleet oikeilla laitenimillä laitelistalla eikä pelkästään tuntemattomina laitteina.

Väyläliitynnän kytkemisen jälkeen suojarleet lisätään TiaPortal-ohjelman väylätopologiaan ja tehdään ohjelmaan fyysisen väyläkytkentä pisteen mukainen yhdistys eli näytetään ohjelmalle mihin väyläkytkimen porttiin suojarle on kytketty. Lisäksi asetetaan verkkoasetukset kohdilleen ja ladataan muutokset logiikalle ja laitteille.

ICD-tiedosto luodaan laitevalmistajan ohjelmalla. Tiedosto pitää sisällään laitenimen sekä kaikki suojarleeseen kirjoitettavat muistipaikat sekä suojarleestä luettavat muistipaikat. Tiedoston avulla logiikalle sekä ulkopuoliselle laitteelle pystytään luomaan yhteinen rajapinta, jotta logiikalta pystytään lukemaan esimerkiksi suojarleen informatiivista dataa tai kirjoittamaan ohjelmamuutoksia. (Siemens Oy, 2017 & Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016).

## 4 JÄRJESTELMÄN KOMMUNIKAATIO

Järjestelmän kommunikaatiolla tarkoitetaan suojuareleen ja erillisen hallintajärjestelmän välistä yhteyttä, joka kulkee esimerkiksi kuitu- tai Ethernet-väylää pitkin. Kommunikaatioliikenne voi olla esimerkiksi ohjaus-, mittaus- tai hälytystietoa automaatiologiikan ja suojuareleen tai kahden suojuareleen välillä. Järjestelmän kommunikaatiota on tarkasteltu suojuareleen ollessa tietoa lähettävä komponentti (publisher).

### 4.1 Tietoliikennestandardi IEC 61850

Tietoliikennestandardi on luotu laajassa yhteistyössä sähköasemien tietoliikennettä varten. Standardi pitää sisällään joukon kommunikaatioprotokollia, jonka tarkoituksena on, että se soveltuu liitettäväksi mahdollisimman monen asiakkaan järjestelmään ja säästää merkittävästi järjestelmän integraatioaikaa. IEC 61850-standardi pohjautuu Ethernet-tekniologiaan.

IEC 61850-standardi on määritellyt datan informaatio- ja tiedonvaihtomenetelmät sähköjärjestelmien komponenteille, kuten esimerkiksi suojuareille. (GE DIGITAL ENERGY: IEC 61850, 2015).

#### 4.1.1 Data-malli ja muistialueet

Terminologiassa käytetään nimityksiä ”Client” eli asiakas, joka on esimerkiksi erillinen sähköverkon hallintajärjestelmä sekä ”Server” eli serveri, joka voi olla esimerkiksi IED eli älykäs suojuarele. Asiakkaan ja serverin kommunikaatio on MMS-pohjaista ja kommunikaatio konfiguraatiot esitetään XML-tiedostoina. Uutta IEC 61850-standardissa ovat useat master-laitteet, jotka voivat lukea ja kirjoittaa tietoa väylää pitkin. Suojuareleet lähettävät välittömästi tapahtumamuutokset raporteina ja ne voidaan kohdistaa useille master-laitteille. Suojuareleet voivat myös lähettää informaatiota keskenään, tätä kutsutaan Goose-kommunikoinniksi (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016).

Staattiset tiedot on organisoitu loogisiin solmuihin, tieto-objekteihin ja attribuutteihin. Rakenne voidaan lukea selaimella, joka noudattaa IEC 61850–standardia. Tapahtumia käsitellään tietosarjoilla (Data Sets) ja raportinohjauslohkoilla (RCB). Kokonainen datanimi muodostuu suoja-releessä seuraavasti:

IED nimi – Looginen laitenimi – Looginen solmu – Toiminnallinen rajoitus – Objekti/Data - Attribuutti

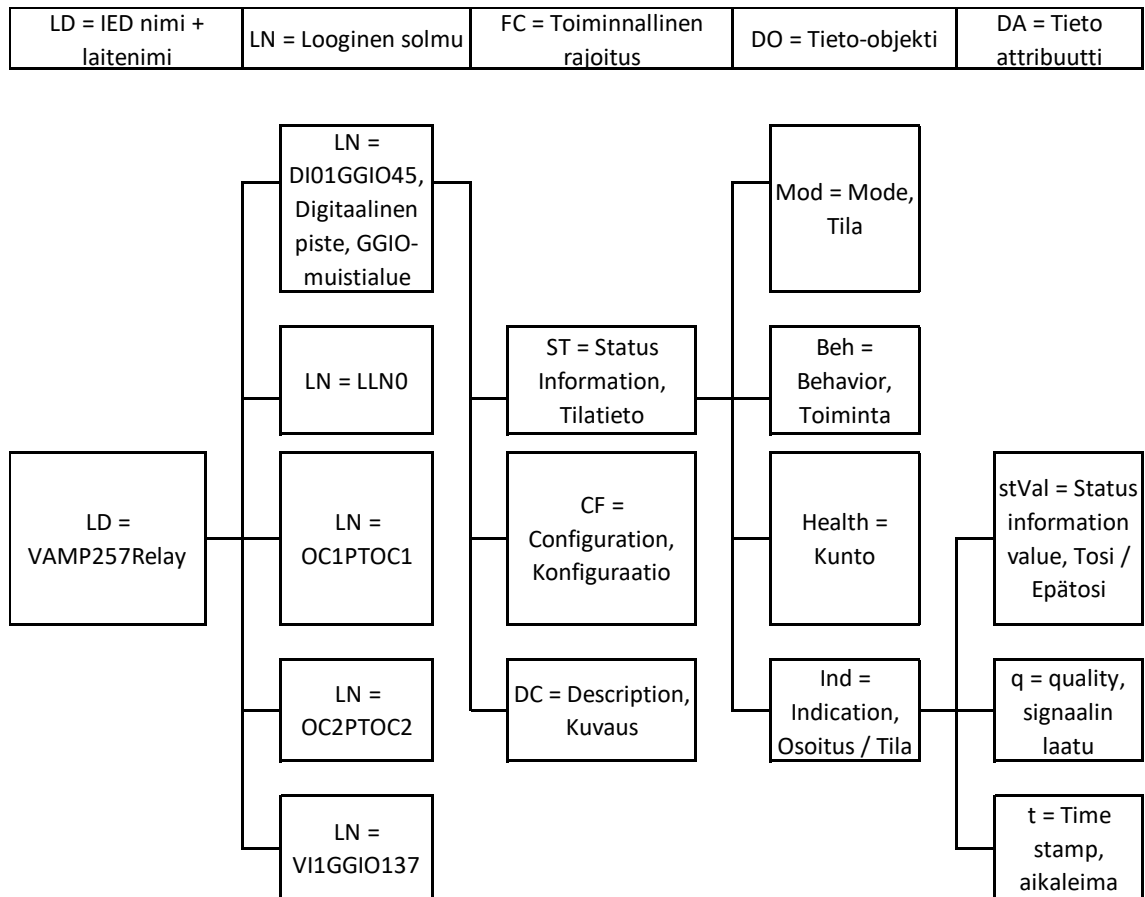
Taulukossa 5 esitetään vanhemman suoja-releen datanimen muodostuminen.

TAULUKKO 5. Datanimen muodostus

Termit	Kuvaus
VAMP6	Valmistajan älykkään sähkölaitteen nimi (IED Name)
Relay	Looginen laitenimi
OC1PTOC1	Looginen solmu. Vaiheen aikapohjainen ylivirtasuojaus (Phase Time Overcurrent). Loogiseen solmuun voi valmistaja lisätä etu- tai loppuliitteen (prefix / suffix). Tässä valmistaja on lisännyt havainnollistavan etuliitteen OC1 sekä loppuliitteen 1. PTOC on määritelty IEC 61850 -standardin loogisten solmujen listassa.
ST	Toiminnallinen rajoitus eli Status Information = tilatieto, yleisesti 0 / 1 tai Tosi / Epätosi
Op	Objekti / Data-valikko, josta edetään kyseisiin attribuutteihin
General	Attribuutti, joka ilmaisee suojausfunktion tilan 0 / 1 tai tosi / epätosi.

Taulukosta 5 muodostuva datanimi on kokonaisuudessaan VAMP6Relay/OC1PTOC1\$ST\$Op\$general.

Suojareleen staattinen tietorakenne esitellään kuvassa 4, jonka avulla saavutetaan parempi ymmärrys edellä mainituista asioista.



KUVA 4. Suojareleen staattinen tietorakenne.

Edellä mainittuun kuvaan 4 on tarkoituksellisesti valittu eri suojarelemalli kuin aikaisemmassa datanimi-mallissa (VAMP6Relay), jotta asiaan saadaan laajempi kanta. Kuvasta 4 on ymmärrettävä, että kaikki nämä asiat ovat suojareleen sisällä. Näitä varten on luotu laitevalmistajan toimesta konfigurointityökalu, jonka on tarkoitus helpottaa käyttäjää liikkumaan parametri-valikoissa sekä ottamaan laitetta käyttöön. Lisäksi konfiguraatiotyökalun avulla saadaan näkymä visuaalisesti tyylikkääksi ja taustaliikenne muunnettua ymmärrettäväksi arvoiksi. Tietotekniset asiat pitää sisäistää hyvin, jotta osataan konfiguroida suojarele lähettämään validia dataa sähköverkon hallintajärjestelmään sekä lukemaan sitä hallintajärjestelmästä. (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016 & GE DIGITAL ENERGY: IEC 61850, 2015).

### Suojareleen muistialueet

GGIO 1 ja GGIO 2 ovat kaksi yleistä prosessi I/O:n loogisen solmun nimeä, jotka sijaitsevat suojareleessä. Ne ovat muistialueita digitaalisille tulo- ja lähtöpisteille esimerkiksi

tiedonvaihtoon erillisen hallintajärjestelmän kanssa. Esimerkki muistialueen käytöstä nähdään edellä mainitussa kuvassa 4, jossa DI01 sijaitsee GGIO-alueella paikassa 45.

Käyttäjä voi konfiguroida GGIO 1:n muistialueelle 128 fyysistä digitaalipistettä. GGIO 2 tukee 128 virtuaalista digitaalista pistettä. Virtuaalinen piste on ohjelman sisäinen piste, ei fyysinen. Ohjelmaan voidaan esimerkiksi asettaa raja-arvo, jonka mukaan tietty virtuaalinen lähtöpiste ohjautuu päälle, kun asetettu raja-arvo ylitetään. (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016 & GE DIGITAL ENERGY: IEC 61850, 2015).

#### 4.1.2 Tietosarjat ja raportinohjauslohkot

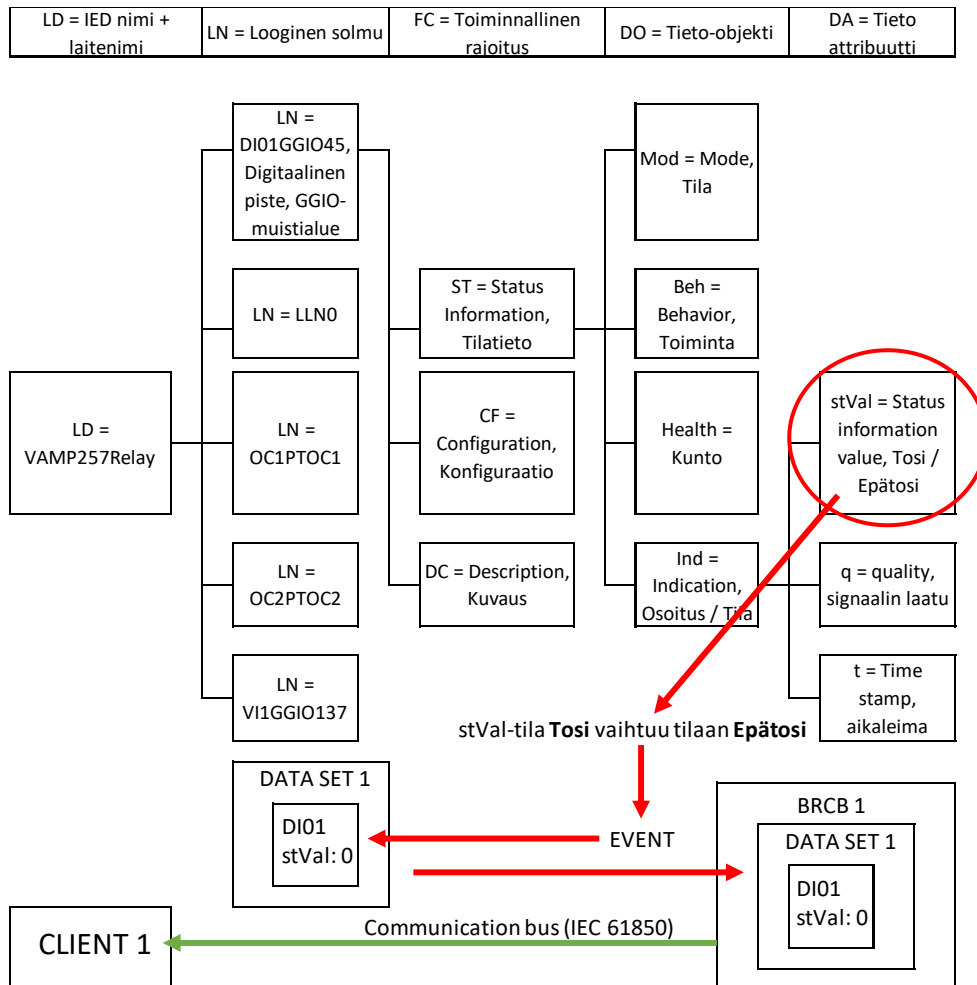
Tietosarjat pitävät sisällään tapahtumailmoitukset ja tietosarjojen lähetystä hoitavat raportinohjauslohkot. Tietosarjoja (datasets) on kahdenlaisia ja ne ovat esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Generoinnit tietosarjoista.

Tietosarjat	Kuvaus
<b>Ennalta määritetty</b> (kulkusuunta suoja-releeltä asiakkaalle)	Työkalulla eli konfiguraatio-ohjelmistolla ennalta määritetty datasetti. Tässä tapauksessa esimerkiksi dataset 1 on konfigurointi-ohjelmalla kiinnitetty ylivirta tapahtuma. Aktivoinnin havainnollistava esimerkki on opinnäytetyön myöhemmässä vaiheessa kuvassa 23.
<b>Dynaaminen</b> (kulkusuunta asiakkaalta suojarielelle)	Asiakas (client) on määritellyt heidän puoleltaan datasetin, jossa kommunikaation kulkusuunta on asiakkaan hallintajärjestelmästä suojarieleen suuntaan eli ulkopuolinen hallintajärjestelmä kirjoittaa suojarieleen muistiin ja määrittää halutut asiat, jotka välittyvät raportinohjauslohkolle.

Tietosarjat sisältävät niihin valitut tiedot staattisesta tietorakenteesta eli tapahtumat kulkevat tietosarjoja pitkin. Tietosarjojen koko olisi hyvä pitää maksimissaan 10:ssä loogi-

sessä solmussa. Tietosarjojen lähetystä väylässä hoitavat suojureleen raportinohjauslohkot. Seuraavassa kuvassa 5 esitetään havainnollistava esimerkki, jossa on valittu attribuutti (stVal) tilanmuutos tarkkailun kohteeksi.



KUVA 5. Suojareleen tapahtuman generointi tietosarjaan.

Kaikki puskurointilohkolle asti tapahtuva tietosarjan muodostus tapahtuu suojureleen sisällä, jonka jälkeen puskuroitu raportinohjauslohko hoitaa tietosarjan lähetyksen väylää pitkin asiakkaalle 1 (client 1). Asiakas 1 voi olla esimerkiksi kojeistoa hoitava erillinen hallintajärjestelmä ja saadessaan paketin vastaan se havaitsee, että suojureleen raportointiin valittu attribuutti stVal on vaihtanut tilaansa tilasta 1 tilaan 0.

Raportinohjauslohko on lähtökohtaisesti aina puskuroitu raportinohjauslohko. Mikäli väylä menee jostain syystä poikki tai toiminta lakkaa pieneksi hetkeksi, niin väylän palautuessa raportinohjauslohko hoitaa kuormittuneet lähetykset automaattisesti asiakkaalle. Väylän katkettua pidemmäksi aikaa on erittäin todennäköistä, että tiedot kuormit-

tuvat raportinohjauslohkoon ja se alkaa itse poistaa vanhimpia raportteja muistin säästämiseksi. Tätä tapahtumaa kutsutaan ylivuodoksi ja tapahtumaketjusta tulee asiakkaalle ylivuoto-ilmoitus. Väylän palauduttua pitkästä katkoksesta asiakas (client) vaatii automaattisesti raportinohjauslohkon tyhjentämistä tai viimeisimmän raportin lähetystä.

Mikäli järjestelmässä tapahtuu tilanne, että kaksi tapahtumalaukaisua sisältää osittain samaa tietoa, niin raportinohjauslohko generoi automaattisesti kaksi erillistä lähetystä asiakkaalle, vaikka puskurointiaika olisi sen kanssa ristiriidassa. Raportinohjauslohkon ollessa puskuroimaton, niin väylän kaaduttua tiedot tapahtumista häviävät eikä asiakas saa tietoja, joita väyläkatkoksen aikana tapahtui. (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016; GE DIGITAL ENERGY: IEC 61850, 2015)

### **4.1.3 Laitteiden välinen kommunikaatio**

Goose-kommunikointi laitteiden välillä tapahtuu MMS-pohjaisesti eli MAC-osoite pohjaisesti kohdennetaan viestit tietyltä laitteelta halutuille laitteille Ethernet- tai kuituväylää pitkin. Goose-viestien konfiguroinnissa asetetaan MAC-osoitteen tueksi sovelluksen ID-tunnus, jotta kohdennus liittyy haluttuun tehtävään. Lisäksi viestintään liittyy tahdistus eli asetetaan aikaväli, jolloin viestit lähtevät kohdistetuille vastaanottajille. Yleinen kommunikaatioaika on 4 ms.

Goose-viestinnälle voidaan asettaa kuvan 5 mukaisia tarkkailuja, mutta silloin tapahtumat eivät kulje asiakkaalle, vaan menevät suoraan toiselle älykkäälle sähkölaitteelle eli Goose on laitteiden välistä tiedonsiirtoa.

Goose-viestejä voidaan käyttää esimerkiksi kommunikaatiöväylän valvontaan, jolloin laitteet ovat yhteydessä keskenään ennalta asetetuin väliajoin. Mikäli väylässä ilmenee kahden suojareleen välisissä viesteissä ongelmia, generoituu siitä vikailmoitus. Suojareleet ilmoittavat vastapuolen laitteen kommunikointi ongelmasta niille asetetun aikavälin jälkeen. Mikäli suojareleiden väliseen valvontaan liittyy kriittisiä tila- tai mittaus-tietoja, on harkittava suojareleiden turvallisuustilaa, eli halutaanko sähköverkon piirin osa katkaista turvallisuussyistä, mikäli kommunikaatiöväylä toiseen suojareleeseen on poikki.



Goose-kommunikointiin liittyy tiettyjä rajoituksia ja suurin rajoittava tekijä on suoja-alueen tai muun älykkään vastaanottavan laitteen muistialue. Muistialueen koon vuoksi Goose-viestejä ei voida lähettää rajattomasti, eikä yksittäiseen viestiin pystytä sisällyttämään suurta määrää dataa. Goose-kommunikointi varaa muistia uloslähetys alueelta (Remote Output Area). (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016 & GE DIGITAL ENERGY: IEC 61850, 2015).

#### 4.1.4 Tiedonsiirtoprotokollien vertailu

IEC-61850:

- Dataosoitteet ovat MMS-muuttujien nimet. Esimerkiksi virtuaalinen sisääntulo 1 on osoitteeltaan VAMP259Relay/VI1GGIO137\$ST\$SPCSO\$stVal
- Data on saatavilla konfiguroinnin jälkeen
- Prosessitiedot lähetetään raportointi toiminnolla
- Aikaleimalliset tapahtumat lähetetään raportointi toiminnon yhteydessä
- Suuri määrä erilaisia dataformaatteja

ModbusTCP:

- Dataosoitteet ovat hallintarekisterin kautta tulevia numeroita: esimerkiksi vastaava virtual input 1 on hallintarekisterissä numero 3427
- Kaikki data on aina saatavilla
- Prosessitiedot kysellään hallintarekisteristä
- Aikaleimalliset tapahtumat kysellään hallintarekisteristä
- Data on esitetty yhden tai useamman 16-bitin kokonaislukuina. Tulkinta selitetään erillisissä asiakirjoissa

Molemmissa IEC 61850:ssa sekä ModbusTCP:ssä on saatavilla SNTP aikasynkronointia varten. Lisäksi molemmissa on FTP eli tiedonsiirtoprotokolla tiedostojen lähetystä varten. (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016).

## 5 SUOJARELEEN KONFIGUROINTI

Suojarelettä ensimmäistä kertaa käsitellessä kaikki alkaa ”nollasta” eli suojarelettä ei pystytä käyttämään ilman konfigurointia. Suojareleen konfigurointi-kappaleesta on pyritty luomaan ohjelmainen, jotta materiaali tukisi käyttöönottoa sekä ensimmäistä kertaa konfiguraatiota tekevää henkilöä parhaalla mahdollisella tavalla.

### 5.1 Ohjelman ja suojareleen yhteys

Yhteyden luominen:

- Kytetään suojareleen ja PC:n välinen tiedonsiirtokaapeli (usb a-b).
- Avataan eSetup Easergy pro-ohjelma
- Avataan ohjelman asetukset (Settings-painike), joka nähdään kuvassa 6.



KUVA 6. Asetuksista määritellään PC:n ja suojareleen väliset yhteysasetukset.

Konfigurointi-ohjelma ei aina välittömästi löydä PC:stä suojareleeseen kytkettyä porttia, jolloin ongelma on useimmissa tapauksissa ohjelman ajurissa. Ajuri on helppo ajaa manuaalisesti PC:lle. Ajuri-tiedosto löytyy asennetun EasergyPro-ohjelman kansioista ”Drivers”.

Asetuksista valitaan ensimmäisellä kerralla sarjaliikenne-asetukset sekä syötetään ohjelmalle portti sekä tiedonsiirtonopeus (Baudrate). Seuraavassa kuvassa 7 esitetään asetukset-valikko tarkemmin.

The screenshot shows a 'Settings' window with a green header and a close button. It is divided into two main sections: 'Serial' and 'Ethernet'. The 'Serial' section is selected with a radio button and includes a 'Port' dropdown set to 'COM1' and a 'Baudrate' dropdown set to '187500'. The 'Ethernet' section is unselected and includes an 'IP' field set to '10.4.128.4' and a 'Port' field set to '23'. Below these sections are several checkboxes: 'Remember password' and 'Automatic login', both of which are unchecked. There is an 'Automatic login level' dropdown set to 'Configurator'. Below that are three password fields: 'Operator password', 'Configurator password', and 'Custom password', each with a bullet point indicating a masked password. The 'Template folder' field is set to 'configs/'. The 'Disturbance record viewer' field is set to 'Wavewin\wavewin32.exe'. The 'Auto read/write' section has two radio buttons: 'Only read' (unchecked) and 'Read and write' (checked). The 'Language' dropdown is set to 'English'. At the bottom are 'Save' and 'Cancel' buttons.

KUVA 7. Sarjaportti- ja Ethernet-asetukset sekä yleiset asetukset.

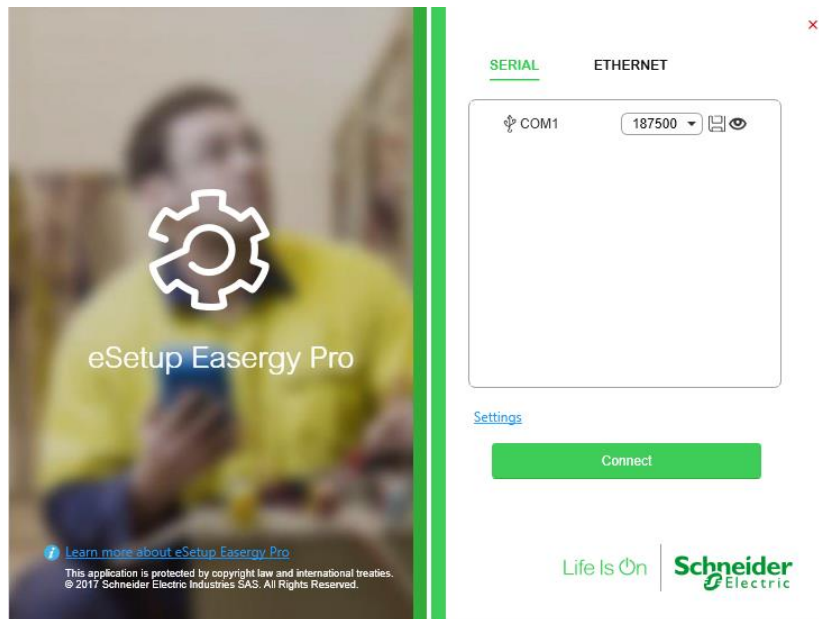
Tiedonsiirtonopeus on hyvä tarkastaa suojaareleestä. Tiedonsiirtonopeus tarkastetaan suojaareleestä painamalla paneelissa olevaa alaspäin nuolinäppäintä niin kauan, että tulee valikko ”CONF”, josta nähdään tiedonsiirtonopeus bitteinä sekunnissa. Haluttu tarkastusvalikko esitetään kuvassa 8.



KUVA 8. P3-Suojareleen näyttöltä löytyvä CONF-asetusvalikko.

Kuvan 8 valikon ylin rivi kertoo, että suojareleen tiedonsiirtonopeudeksi on asetettu tehtaalla 187500 bittiä per sekunti. Tiedonsiirto asetus syötetään kuvassa 7 näkyvään tiedonsiirtonopeus kenttään. (Schneider Electric, Lehto R., 2017, Video 2).

Sarjaportti-asetusten syötön jälkeen tallennetaan asetukset (Save). Ohjelma palautuu aloitusruutuun. Aloitusruudusta voidaan nyt klikata kuvassa 6 esitettyä ”Connection”-kohdan painiketta ”ON”, jonka jälkeen avautuu kuvan 9 mukainen yhteys-valikko.



KUVA 9. Konfiguraatio-ohjelman yhdistäminen suojareleeseen USB-portilla COM 1

Sarjaportin yhteys-valikossa tulisi nyt näkyä PC:n USB-portti, johon suojarele on kytketty, jos valikossa näkyy lisäksi muita USB- tai sarjaportteja, niin nämä ovat tietokoneeseen kytkettyjä muita laitteita. Suojareleen portti on helppo varmistaa Windows Device-managerista ja sieltä kohdasta portit. Yhteys-valikosta valitaan suojareleeseen menevä sarjaportti ja painetaan yhdistä (Connect). Yhdistämisen jälkeen ohjelma lukee suojareleen ominaisuudet automaattisesti, josta se siirtyy kuvassa 10 näkyvään laiteinformaatio-valikkoon (Device information).



KUVA 10. Laitteen informaatio-ikkunasta valitaan kirjautumisen käyttäjä-taso sekä nähdään skannatun laitteen tiedot ja tilauskoodi.

Suojareleen konfigurointia tehtäessä käyttäjätaso pitää olla ”Configurator”. Ensimmäisellä kerralla suojarelettä konfiguroitaessa salasanasuojauksesta ei tarvitse välittää. Myöhemmin käyttäjätasolle käyttäjä (User) ja operaattori (Operator) on luotava turvallisuussyistä omat salasanat. Salasanan vaativa kirjautuminen tehdään valitsemalla käyttäjätaso sekä syöttämällä salasana ”Enter password”-linkistä avautuvaan valikkoon.

## 5.2 Ohjelmoinnin järjestys

Ohjelmoinnin järjestyksestä kertova kappale on nostettu ennen yksittäisten välilehtien käsittelyä, jotta saadaan ohjelmoinnista parempi käsitys.

Suojarelettä ohjelmoitaessa ohjelman sekä suojareleen välinen automaattinen ”luku ja kirjoitus”-tila on hyvä pitää aktiivisena, jolloin pieniä muutoksia ei tarvitse erikseen kirjoittaa suojareleen sisään. Suojareleessä on asetuksia, jotka pitää kirjoittaa aina erikseen sisään ja vaativat suojareleen uudelleen käynnistyksen. Automaattinen luku- ja kirjoitus-tila aktivoidaan kuvan 11 mukaan.



KUVA 11. Automaattinen luku- ja kirjoitusoikeus ohjelmalle

Suojareleen laitevalmistaja on listannut taulukon 7 mukaisen etenemisjärjestyksen toimivaksi ohjelmointitavaksi.

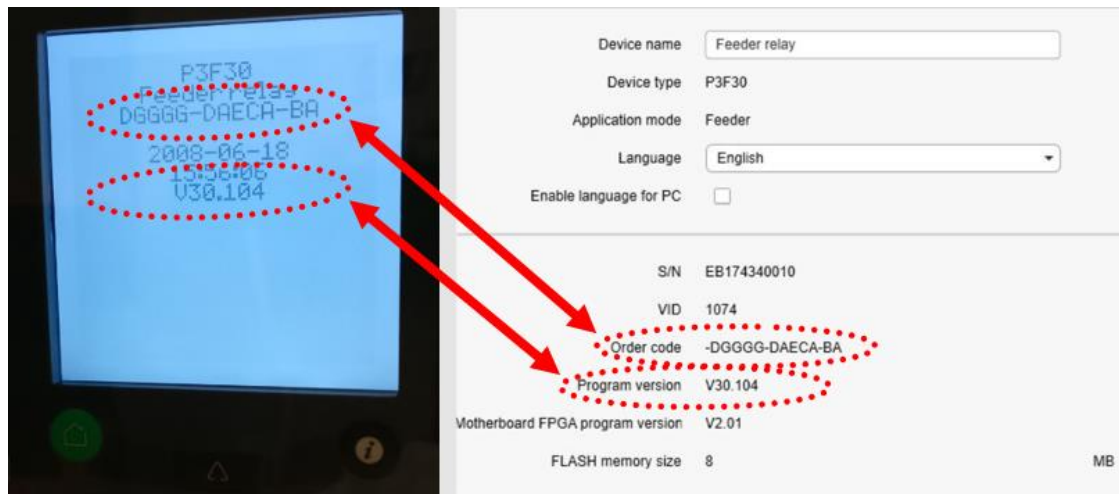
TAULUKKO 7. Ohjelmointijärjestyksen eteneminen (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018 & Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

Vaihe	Valikko	Asetus	Kuvaus
1	Yleinen	Yleiset asetukset	Suojareleen asetusten tarkistus ohjelman yhteyden muodostamisen ja skannauksen jälkeen
2	Yleinen	Skaalaus	Virta- ja jännitemuuntajien tiedot.
3	Yleinen	Mimiikka	Luodaan graafinen pääkavio-esitys suojattavasta piiristä sekä piirin sisältämistä suojalaitteista. Maksimissaan 6 ohjattavaa objektia sekä jokaiselle 2 tilatietoa (oloarvotieto).
4	Yleinen	Objektit	Valitaan mitä objektia (esim. katkaisijaa) suojareleen kannessa olevat 0- / 1-painikkeet ohjaavat. Ohjattaviksi valituille objekteille 1 – 8 määritellään lisäksi tilatiedot auki ja kiinnitilalle (digitaaliset sisääntulot). Lisäksi objekteille pystytään määrittelemään auki- ja kiinniohjauksia digitaalisten sisääntulojen avulla.
5	Matriisi	Ulostulo-matriisi	Määritellään suojareleen ulostulojen aktivointiin vaikuttavat pisteet (Output matrix). Ulostulopisteistä löytyy digitaaliset ulostulot, virtuaaliset ohjelmalähdöt, häiriönauhoitus (DR) sekä hälytysulostulo (A1).
6	Suojaus		Valitaan kaikki suojareleen tarvittavat suojausfunktiot käyttöön. Suojauksissa on laajat asettelu ja ryhmittely mahdollisuudet.
7	Matriisi	Ulostulo-matriisi	Tarkastellaan suojausfunktioiden aktivoinnin jälkeen vielä uudelleen, että pisteet ovat pysyneet ennallaan.
8	Yleinen	DR	Määritellään häiriönauhoitukset
9	Suojaus, Matriisi, Lokit	AR	Määritellään automaattisen takaisinkytkennän asetukset

### 5.3 Yleiset asetukset

Ohjelman ja suojareleen yhteys jälkeen konfiguraatio-ohjelma kirjautuu automaattisesti sisään suojareleen asetuksiin ja avaa yleinen-välilehdeltä (General) laitteen informaatio-osion (Device info).

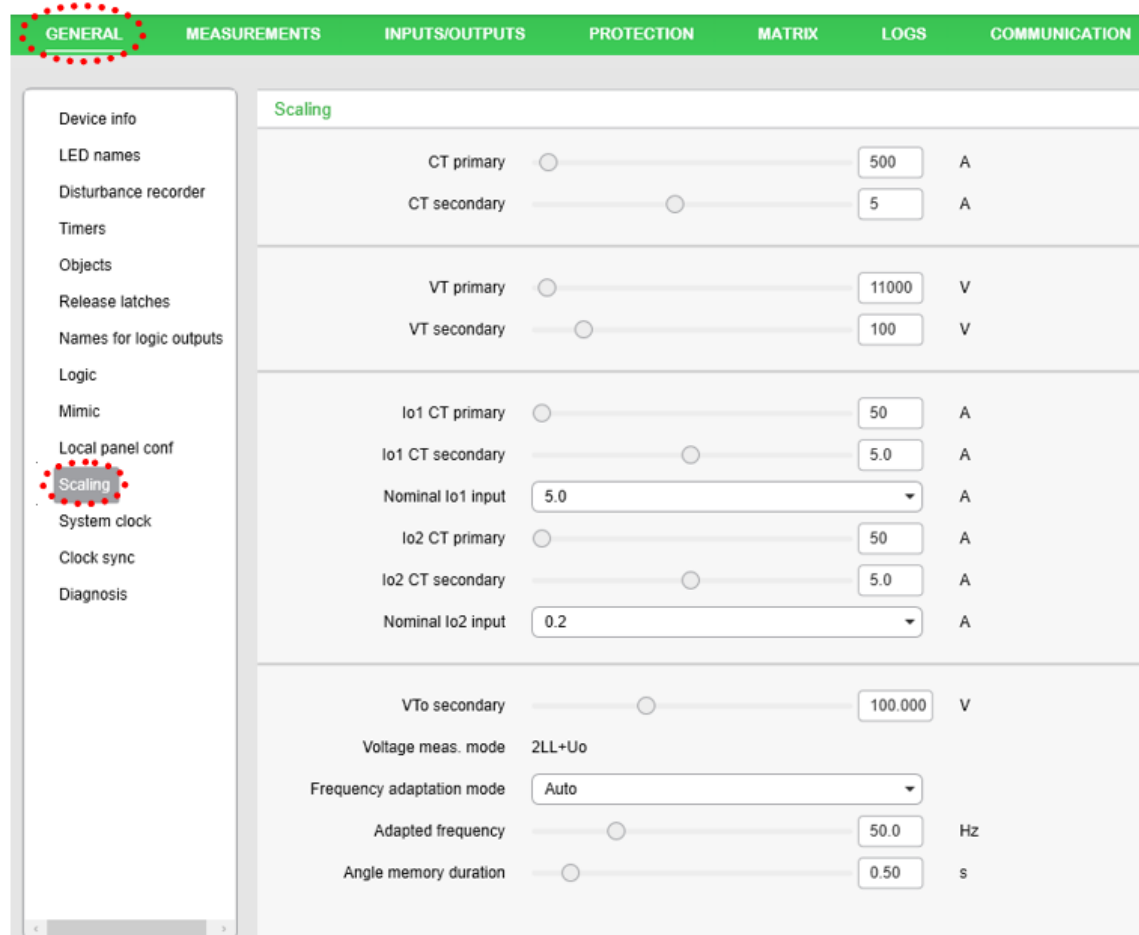
Laitteen informaatio-osion kohdasta löytyy suojareleen tilauskoodi (Order code) ja ohjelmaversio (Program version). Nämä pitää olla vastaavat kuin suojareleessä. Suojareleen tilauskoodi ja ohjelmaversio saadaan näkyviin, kun suojareleen aloitustilasta selataan valikkoa alaspäin-nuolinäppäimellä. EasergyPro-ohjelman edellä mainittu ”General”-välilehti löytyy kohdasta ”Device info”. Esimerkki tarkistuksesta nähdään yhdistelmäkuvasssa 12.



KUVA 12. Mallin- ja ohjelmaversioiden tarkistus

### Skaalaus

Skaalaus-välilehdeltä löytyvät virta- ja jännitemuuntajien skaalaukset, jotka nähdään seuraavassa kuvassa 13.



KUVA 13. Suojareleen virta- ja jännitemuuntajien skaalaus

Virta- ja jännitemuuntajien skaalaus on yksi tärkeimpiä asioita suojareleen ohjelmoinnissa. Kuvaa ylhäältä katsoen skaalauksessa kysytään virta- ja jännitemuuntajien tietoja. Lisäksi listalta löytyvä jännitteenmittausmoodi (Voltage meas. Mode) on erittäin tärkeä. Valinta kertoo suojareleelle jännitteenmittaustavan. Muita skaalauksen ominaisuuksia ovat taajuusmuuntotila (Frequency adaptation mode), jonka valinta ”auto” on 32 näytettä / jakso, mukautettu taajuusasetus (Adapted frequency) sekä suunnattuun ylivirtasuojaukseen liittyvä aika-asetus (Angle memory duration).

## Objektit

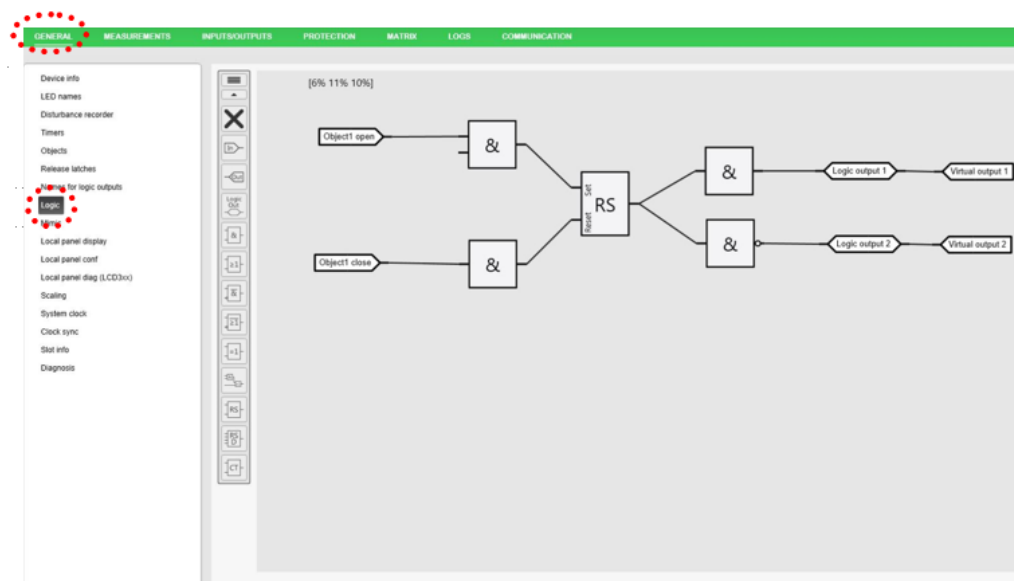
Objekteista, jotka esiintyvät suojareleen mimiikassa määritellään esimerkiksi etupaneelin painikkeilla ohjattava objekti 1, joka voi olla lähtöä ohjaavan katkaisijan auki- ja kiinniohjaus. Lisäksi objektit-välilehdeltä ohjelmoidaan muut objektit 2-8 ja niiden tilatiedot sekä mahdolliset etä- ja paikallisohjaukset. Objektit-osio nähdään seuraavassa kuvassa 14.



KUVA 14. Objektien määrittelyt

## Logiikka

Suojareleen logiikkaan on luotu yksinkertainen RS-kiikku-piiri. Logiikan ulostuloilla ohjataan suojareleen digitaalisia lähtöjä päälle ja pois sekä virtuaalisilla ulostuloilla kytketään kytkentäryhmiä päälle tai pois. Logiikan ohjelmointia havainnollistava esimerkki nähdään seuraavassa kuvassa 15.

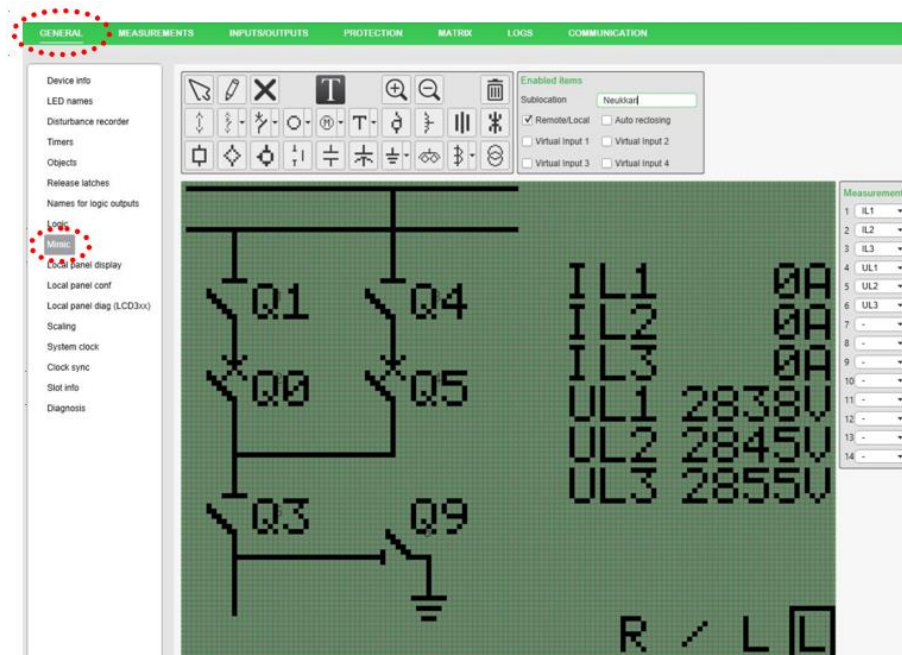


KUVA 15. Suojareleen esimerkkiohjelma

Objektia 1 ohjaamalla auki RS-kiikku asettuu tilaan 1 sekä objektia 1 ohjaamalla kiinni RS-kiikku resetoituu eli asettuu takaisin tilaan 0. RS-kiikku siirtää tilansa (0 tai 1) eteenpäin logiikan ulostuloille 1 ja 2 sekä virtuaalisille ulostuloille 1 ja 2. Ulostulohaaran kohdasta 2 (alempi &-lähtö) nähdään, että &(AND)-portin ulostulossa on pieni pallura eli lähtö on invertoitu. Tällöin se asettuu tilaan 1, kun RS-kiikku lähettää ulos tilaa 0.

## Mimiikka

Mimiikan teko suojaareen näyttöä varten löytyy yleiset-välilehden kohdasta mimiikka (mimic). Piirto- ja komponenttityökalut löytyvät ylhäältä työkaluriviltä sekä ovat hyvin yksinkertaiset ja nopea oppia. Oikeaan reunaan saadaan näyttöön näkyviin esimerkiksi mittausinformaatio, josta nähdään reaaliaikaiset vaihekohtaiset virta- ja jännitemittaukset suoraan suojaareen näytöltä. Nämä mittaukset saadaan aktivoitua automaattisesti näytölle mimiikka-editorin oikealla reunalla näkyvän mittaukset-valikon avulla. Mimiikka-editori nähdään seuraavassa kuvassa 16.



KUVA 16. Mimiikka-editorilla luodaan pääkaavio suojustavasta verkon osasta

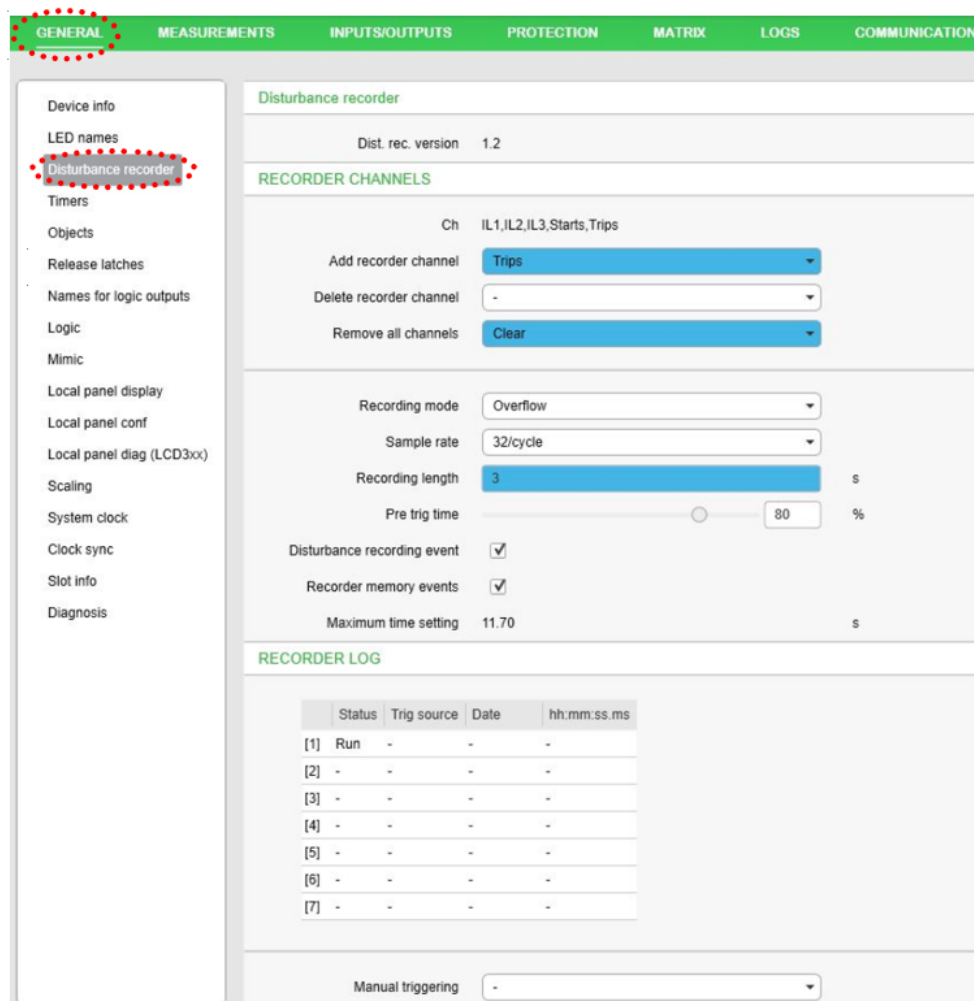
Opinnäytetyötä varten tehty kuvan 17 mukainen havainnollistava mimiikka-malli sisältää 6 objektia. Objekteja voidaan ohjata sekä niiden tilatiedot pystytään lukemaan näytölle. Oikealle reunalle on tuotu vaihekohtaiset virran- ja jännitemittaukset. Mittauksien alapuolelle on luotu automaattisen aikajälleen-kytkennän tilatieto "JK", "R / L" (Remote / Local) eli onko suojaarele etä- vai paikallishjauksella. "ASETUKSET" kuvaa käyttöön- otettua suojausryhmää.



KUVA 17. P3-Suojareleeseen luotu näyttö mimiikka-editorilla. Kuvassa näkyvät virta- ja jännitearvot on tuotettu demoalustalla olevalla potentiometrisäätimellä, joten mittausarvoja ei tule tulkita piiriin realistisina.

### Häiriöiden tallentaminen

Häiriötallenteiden asettamiseksi on suoritettava tallennukseen asetettujen kanavien tyhjennys, jottei vanhoja tallenteita jää suojareleeseen. Tyhjennyksen jälkeen lisätään kanavat yksitellen uudelleen ja valitaan mitä halutaan tallentaa. ”Aika ennen triggausta” (Pre trig time) esitetään prosentuaalisena osuutena. Tämä asetus käsitellään aina asetetun ajan pituudesta (Recording length) eli mikäli asetus (Pre trig time) on 50%:a ja ajan pituus (Recording length) 10 sekuntia, niin häiriönauhoitusta näytetään 5 sekuntia ennen laukaisutapahtuman aktivointia ja 5 sekuntia jälkeen laukaisutapahtuman aktivoinnin. Vikatilanne analyysissä nauhoitus on erittäin tärkeä apuväline. Yleisesti prosenttiluku asetetaan varsin suureksi, jotta saadaan mahdollisimman paljon talteen dataa ennen vikatilannetta, jolloin vian johtumista pystytään analysoimaan tarkemmin. Manuaalinen triggaus (Manual triggering) kannattaa asettaa parametriin triggaus (Trig), jolloin matriisista asetetaan nauhoituksen laukaisevat tekijät. Seuraavassa kuvassa 18 nähdään häiriötallentimen ikkuna.



KUVA 18. Häiriötallentimen asetukset (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018 & Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

## Matriisi

Matriisi-välilehdellä tehdään konkreettiset linkitykset tapahtumien ja toimenpiteiden välillä. Esimerkiksi ulostulo-matriisissa (Output matrix) tehdään suojareleen suojausfunktioiden sekä katkaisijan laukaisuun johtavan ulostulon yhdistäminen (trip). Samassa matriisissa suojausfunktion aktivoituminen voidaan yhdistää häiriö nauhoitukseen, hälytys-signaaliin ja suojareleen etupaneelissa olevaan led-valoon.

Lisäksi matriisi-välilehdeltä löytyy valokaarisuojauksen matriisi (ARC matrix), blokkauksen aikaan saava matriisi (Block matrix), automaattisen aikajälleen-kytkennän matriisi (Auto-recloser matrix), LED-matriisi (LED matrix, Advanced-malli) sekä objektin blokkauksen matriisi (Object block matrix). (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018 & Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

## 5.4 Sisääntulot ja ulostulot

Sisään- ja ulostulo-välilehdellä pystytään konfiguroimaan suoja-releen fyysisten sekä virtuaalisten sisään- ja ulostulojen nimiä sekä paikkoja. Samalta välilehdeltä löytyvät suoja-releen etupaneelissa sijaitsevien funktiopainikkeiden (F1 ja F2) asetukset. Mikäli halutaan testata järjestelmää tilatietojen tai ohjauksien perusteella, niin sisään- ja ulostuloja pystytään kyseiseltä välilehdeltä asettamaan manuaalisesti tiloihin 0 ja 1. Seuraavassa kuvassa 19 nähdään digitaalisten sisääntulojen testausta.

The screenshot shows the 'Digital inputs' configuration page. The 'Mode' is set to 'DC' and 'Counters max value' is 16 bit. The table below shows the configuration for 12 digital inputs:

-	Input	Slot	State	Polarity	Delay	On Event	Off Event	Alarm display	Counters
On	1	2	1	NO	0.00 s	On	On	Off	531
On	2	2	0	NO	0.00 s	On	On	Off	452
On	3	2	1	NO	0.00 s	On	On	Off	355
On	4	2	0	NO	0.00 s	On	On	Off	323
On	5	2	0	NO	0.00 s	Off	On	Off	347
On	6	2	1	NO	0.00 s	On	On	Off	332
On	7	3	1	NO	0.00 s	On	On	Off	352
On	8	3	0	NO	0.00 s	On	On	Off	263
On	9	3	1	NO	0.00 s	On	On	Off	321
On	10	3	0	NO	0.00 s	On	On	Off	182
On	11	3	1	NO	0.00 s	On	On	Off	231
On	12	3	0	NO	0.00 s	On	On	Off	156

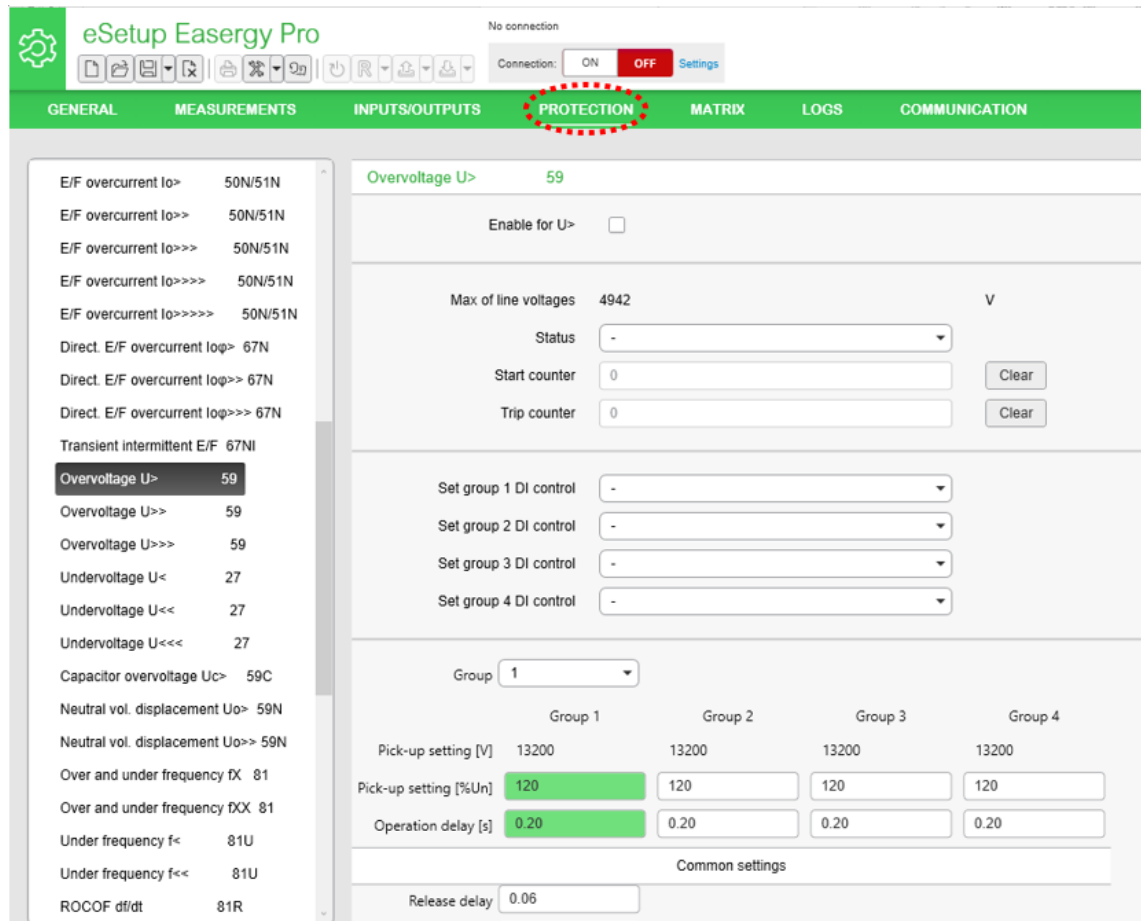
KUVA 19. Digitaalisten sisääntulojen korttiin 2 on tuotu ohjausjännite kanaviin 1, 3 ja 6, jolloin sisääntulo indikoi arvoa 1.

Testaus vaatii, että automaattinen luku- ja kirjoitusoikeus suoja-releelle on ohjelmassa aktiivinen (kuva 11). (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018 & Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

## 5.5 Suojaukset

Suojausfunktioiden esitystapana on lista, josta jokainen suoja-releen suojausfunktio avautuu omalle sivulleen. Suojausfunktioiden-välilehti on verkostolaskennan yksi tärkeimpiä

välilehtiä, josta verkonsuojaukseen liittyvät laskennalliset arvot syötetään suojausalueen suojausfunktioiden sisään ja valitaan suojausfunktio käyttöön, sekä mihin suojausryhmään se kuuluu. Suojaukset-välilehdessä esiintyvät suojausalueen kaikki suojausfunktiot, joka nähdään kuvassa 20.

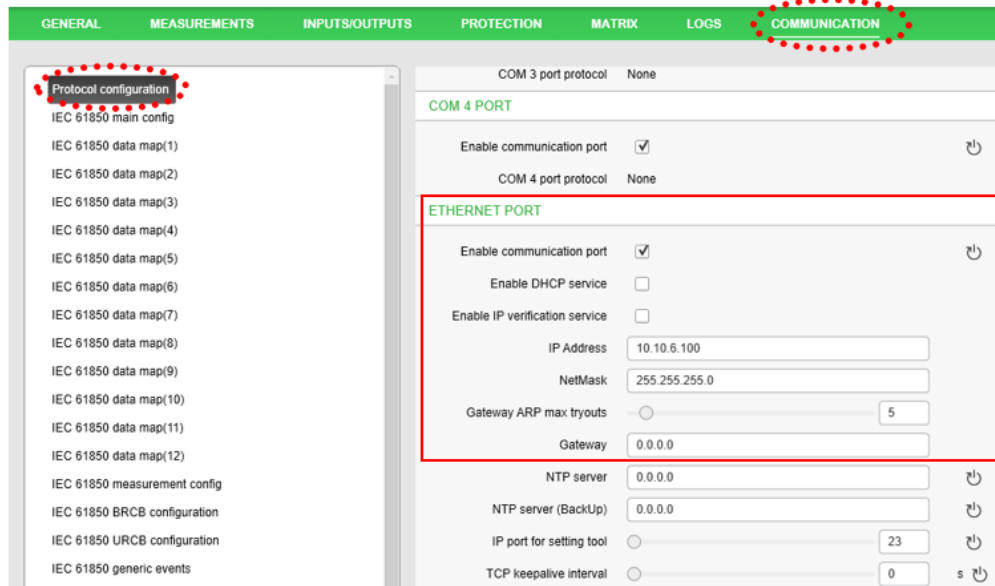


KUVA 20. Suojausalueen suojausfunktiot (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018 & Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017).

## 5.6 Kommunikaatio

Edellä mainituissa kappaleissa käsiteltiin tiedonsiirtoa usb a-b-kaapelilla suojausalueen ja PC:n välillä. Kaikki edellä mainitut konfiguraatio-ohjeen kappaleissa esitetyt konfiguraatiot voidaan suorittaa vaihtoehtoisesti myös verkon ylitse Ethernet- tai kuitu-väylää pitkin, mikäli ollaan samassa suljetussa verkossa suojausalueiden kanssa. Ainoa poikkeus on jokaisen suojausalueen ensimmäinen käyttöönotto, jolloin Ethernet-yhteys asetukset ovat konfiguroitava usb a-b kaapelin avulla suojausalueeseen.

Ethernet-yhteyden IP-asetukset pystytään konfiguroimaan suojareleelle kommunikaatiovälilehden protokolla konfiguraatio-osiossa ja tarkemmin katsottuna yhteys-määrittämään aina käytettävään porttiin eli tässä tapauksessa Ethernet-porttiin, joka nähdään seuraavassa kuvassa 21.

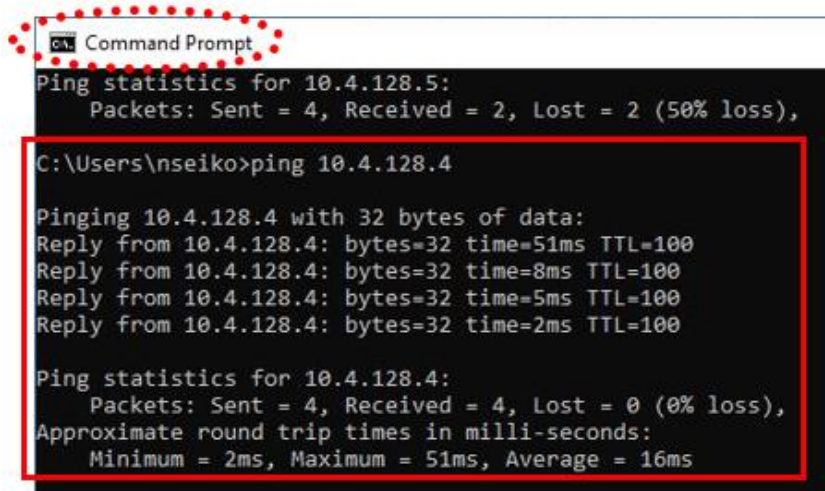


KUVA 21. Ethernet-asetukset

Tärkeimmät asetukset ovat IP-osoite, aliverkonpeite (NetMask) sekä erillinen yhdyskäytävä (Gateway), mikäli se on käytössä. Ethernet-portin käyttöönotto tapahtuu samaan tapaan kuin useimmat muutkin toiminnot konfiguraatio-ohjelmassa eli valitaan vaihtoehto ”ota kommunikaatio portti käyttöön” (Enable communication port). Lisäksi Ethernet- tai kuitu-portin kommunikaatioprotokollaksi valitaan kojeistoliikenteessä vaadittu IEC 61850. Protokolla-valikko löytyy valikkoa alaspäin selaamalla kohdasta ”Ethernet Protocol 1”. Lisäksi on hyvä huomata, että asetuksista löytyy myös ”Ethernet Protocol 2”. Toinen Ethernet protokolla mahdollistaa suojareleen käyttämään esimerkiksi kahta eri protokollaa IEC 61850 sekä ModbusTCP:tä samaan aikaan yhden kommunikaatioportin kautta. Toinen protokolla voi olla esimerkiksi pelkästään huoltokäyttöön suunniteltu.

Ethernet asetusten konfiguroinnin jälkeen voidaan USB a-b-kaapeli irrottaa suojareleen etupaneelista sekä PC:stä, jonka jälkeen kytketään esimerkkitapauksessa Ethernet-kaapeli suojareleen takana olevan rj-45-portin (Ethernet-portti) sekä PC:n rj-45-portin välille. Ethernet-kaapelin kytkemisen jälkeen on testattava tiedonsiirto suojareleen ja PC:n vä-

lillä. Tiedonsiirron testaaminen tapahtuu helpoiten Windowsin komentoikkunalla (Command Prompt). Komentoikkunalla lähetetään suojareleelle testipaketteja IP-osoitteen perusteella. Komentoikkunan testaamisen esimerkki nähdään seuraavassa kuvassa 22.



```

c:\ Command Prompt
Ping statistics for 10.4.128.5:
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),

C:\Users\nseiko>ping 10.4.128.4

Pinging 10.4.128.4 with 32 bytes of data:
Reply from 10.4.128.4: bytes=32 time=51ms TTL=100
Reply from 10.4.128.4: bytes=32 time=8ms TTL=100
Reply from 10.4.128.4: bytes=32 time=5ms TTL=100
Reply from 10.4.128.4: bytes=32 time=2ms TTL=100

Ping statistics for 10.4.128.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 51ms, Average = 16ms
  
```

KUVA 22. Komentoikkuna

Komentoikkunassa annettiin PC:hen kytketyn suojareleen oma IP-osoite komennolla ”ping 10.4.128.4”, jonka jälkeen ohjelma ilmoittaa lähetettyjen pakettien sekä saatujen pakettien määrän. Lisäksi ohjelma ilmoittaa hävinneen datan määrän (kuvassa 22 Lost = 0 eli 0 %:a hävinnyt). Kuvan 22 komentoikkunan perusteella pystytään toteamaan kyseisen PC:n ja suojareleen välisen Ethernet-yhteyden toimivan oikein.

Ethernet-yhteyden käyttöönoton jälkeen kommunikaatio-välilehdellä määritellään IEC 61850 -pääkonfiguraatiot (IEC 61850 main config) sekä luodaan IEC 61850 -datakartat (IEC 61850 data map). Pääkonfiguraation asetuksia varten opinnäytetyöhön on liitetty liite 3, joka on laitevalmistajan luoma manuaali. Manuaalissa käsitellään erittäin tarkasti kommunikaatio-välilehteä ja se käyttää konfiguraatio-ohjelmana vanhempaa vampsset-ohjelmaa, mutta samat asiat löytyvät myös eSetup Easergy Pro:sta.

Datakartoissa valitaan mitkä suojareleen toiminnot esimerkiksi suojauksessa, hälytyksissä, tilatiedoissa, ohjauksissa sisällytetään suojareleen käytössä olevaan kolmeen eri dataasettiin:

- Dataset 1
- Dataset 2
- Dataset 3.



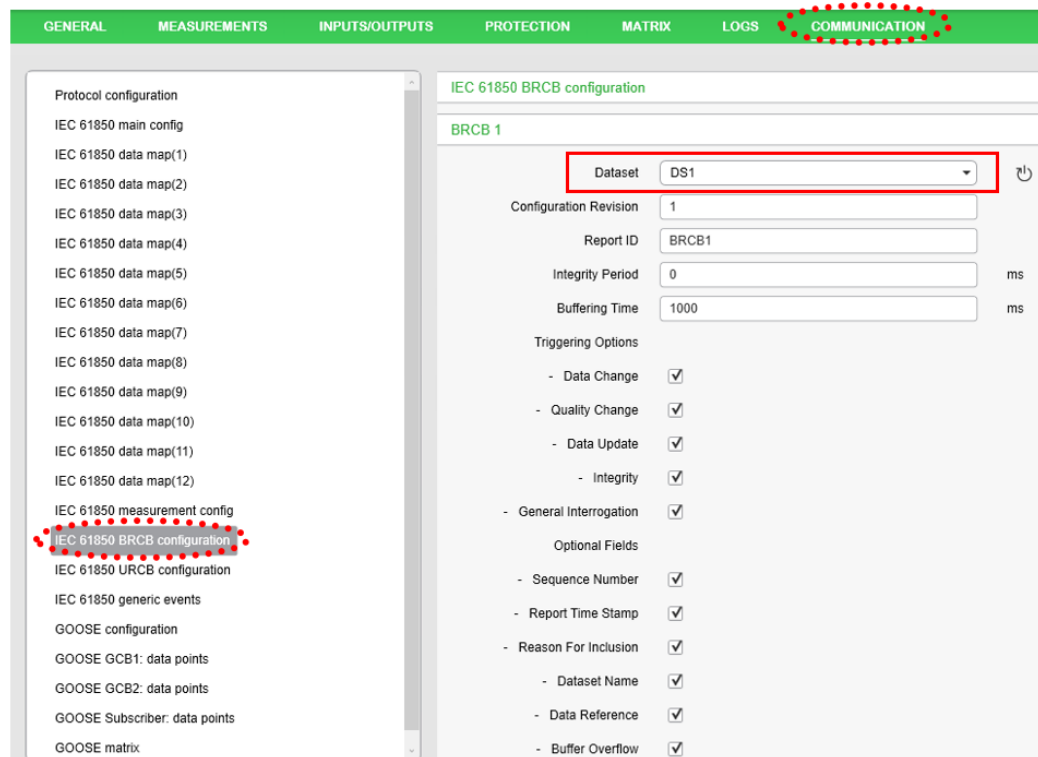
Datasettejä käytetään jo aikaisemmin mainituissa raportinohjauslohkoissa, jotka siirtävät informatiivisen datan asiakkaalle. Loogisen solmun kiinnittäminen datakarttaan nähdään seuraavassa esimerkkikuvassa 23.

Index	LN	Description	Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3	In use
150	Obj6CSWI6	Object 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
151	Obj7CSWI7	Object 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
152	Obj8CSWI8	Object 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
153	OC1PTOC1	I>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
154	OC2PTOC2	I>>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
155	OC3PTOC3	I>>>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
156	OFUF1PTOF1	f<	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
157	OFUF2PTOF2	f><<	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
158	OV1PTOV3	U>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
159	OV2PTOV4	U>>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
160	OV3PTOV5	U>>>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
162	PQSpdMMXU19	P,Q,S,PF demand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
163	PQSpfMMXU18	P,Q,S,PF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
164	PQSRdMMXU7	P,Q,S RMS demand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
165	PQSRmMMXU6	P,Q,S RMS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
166	PS1SGGIO29	Programmable stage 1 start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
167	PS1TGGIO37	Programmable stage 1 trip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
168	PS2SGGIO30	Programmable stage 2 start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
169	PS2TGGIO38	Programmable stage 2 trip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
170	PS3SGGIO31	Programmable stage 3 start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
171	PS3TGGIO39	Programmable stage 3 trip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
172	PS4SGGIO32	Programmable stage 4 start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
173	PS4TGGIO40	Programmable stage 4 trip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
174	PS5SGGIO33	Programmable stage 5 start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
175	PS5TGGIO44	Programmable stage 5 trip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

KUVA 23. IEC 61850 data map

Datakartan esimerkissä valitaan suojareleen suojausfunktio ylivirtasuojaus (I >) käyttöön (in use) Dataset 1:n kanssa. Esimerkki valinnan jälkeen suojareleen havaitsema ylivirtatapauhtuma generoituu raportinohjauslohkossa raportiksi asiakkaalle, jolloin asiakas saa tiedon ylivirtasuojauksen toiminnasta.

Kommunikaatio-välilehden osiossa määritellään ”IEC 61850 BRCB configuration” eli IEC 61850 -standardin mukaisen puskuroidun raportinohjauslohkon asetukset. Yleisesti tässä konfiguraatiossa ei tarvitse normaalitapauksessa tehdä muuta kuin määrittää Dataset-asetukset, jotka nähdään seuraavana kuvassa 24.



KUVA 24. Puskuroitu raportinohjauslohko 1

BRCB 1-osiossa määritellään mikä suojareleen dataset eli DSx (DS1...3) ohjautuu puskuroidulle raportinohjauslohko 1:lle (BRCB 1) ja generoi sen raportiksi asiakkaalle. Suojareleessä on valittavana puskuroituja raportinohjauslohkoja yhteensä 8 kappaletta. Lisäksi on käytössä puskuroimattomia raportinohjauslohkoja, mutta ensisijaisesti on käytettävä aina puskuroituja, jotta dataa ei hävitetä.

Lisäksi kommunikaatio-välilehti pitää sisällään Goose-viestinnän konfiguroinnin, jolla lyhyesti tarkoitetaan älykkäiden sähkölaitteiden keskinäistä kommunikaatiota ”publisher ja subscriber”-periaatteella. Goose kommunikaatio-asetuksista löytyvät seuraavat valikot:

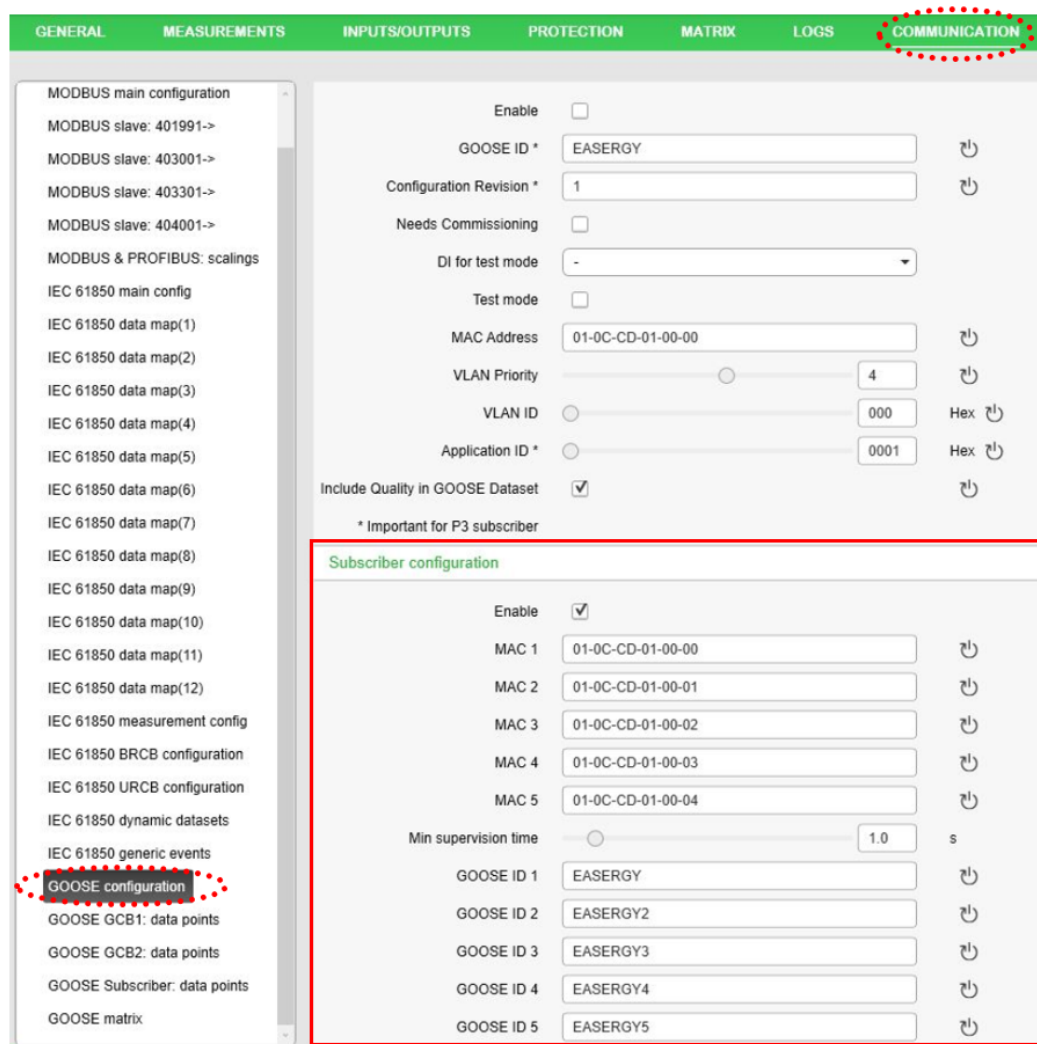
- Goose-konfiguraatio
- Goose-GCB1 (Goose control block eli Goose-viestien ohjauslohko 1): datapisteet
- Goose-GCB2 (Goose-viestien ohjauslohko 2): datapisteet
- Goose-Subscriber (Tilaaaja): datapisteet, täältä voidaan tarkastella tilaaajan Goose-viestintään kiinnitettyjen datapisteiden tilaa sekä aktivoida niitä käyttöön tai luoda niille ryhmiä.
- Goose matrix, joka mahdollistaa Goose-viestien yhdistämisen varsinaisiin laukaisuihin tai virtuaalisiin ulostuloihin, jotka asetellaan matrix-välilehdellä

Goose konfiguraation periaatteet ovat hyvin pitkälti samanlaiset kuin erillisen hallintajärjestelmän kanssa luotu kommunikaatio, mutta Goose-viestinnän tarkoitus on keskustella vain älykkäiden sähkölaitteiden kanssa, jotka ovat kytketty samaan kommunikaatio-väylään. Julkaisijan (Publisher) eli tietoa lähettävän laitteen sovellustunnus (Application ID) on Goose-viestinnän niin sanottu pääkriteeri MAC-osoitteen ja GOOSE-tunnuksen (GOOSE ID) tukena, kun halutaan lähettää kohdennettua tietoa toiselle älykkäälle sähkölaitteelle. Esimerkki tästä nähdään seuraavassa kuvassa 25.

The screenshot displays a configuration page for a Goose publisher. The 'COMMUNICATION' tab is selected. The 'GOOSE configuration' section is active, showing 'Publisher parameters' and 'Publisher configuration GCB 1'. The 'Application ID' field is highlighted with a red box and contains the value '0004'. Other fields include 'GOOSE ID \*' (EASERGY), 'Configuration Revision \*' (1), 'MAC Address' (01-0C-CD-01-00-00), and 'VLAN ID' (000). The 'Application ID' field is also labeled as 'Hex'.

KUVA 25. Tietoa lähettävän laitteen Goose-konfiguraatio (Publisher configuration GCB 1)

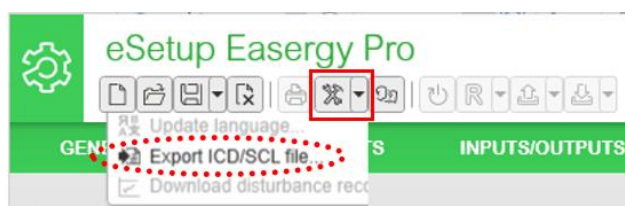
Tilaaajan tärkeät asetukset ovat MAC-osoite sekä Goose-ID-nimi. Tärkeä huomio on, että jokaisella suojarielellä pitää olla eri applikaatitunnus (Application ID). Suojarielellä on kaksi lähetysohkoa GCB 1 ja GCB 2, jonka kautta lähetyksiä pystytään hoitamaan. Suojarielelle tulee määrittää esimerkin mukaisesti Goose-viestien kohde. Mikäli käytetään Ethernet-kytkimen VLAN-ominaisuutta (VirtualLAN), niin tulee lisäksi huomioida VLAN-asetukset. Seuraavassa kuvassa 26 nähdään tilaaajan (subscriber) Goose-konfiguraatio-osiot.



KUVA 26. Tietoa vastaanottavan laitteen Goose-konfiguraatio (Subscriber configuration) (Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018; Schneider Electric: Universal relays, User manual, 2017 & IEC 61850 interface configuration, 2017).

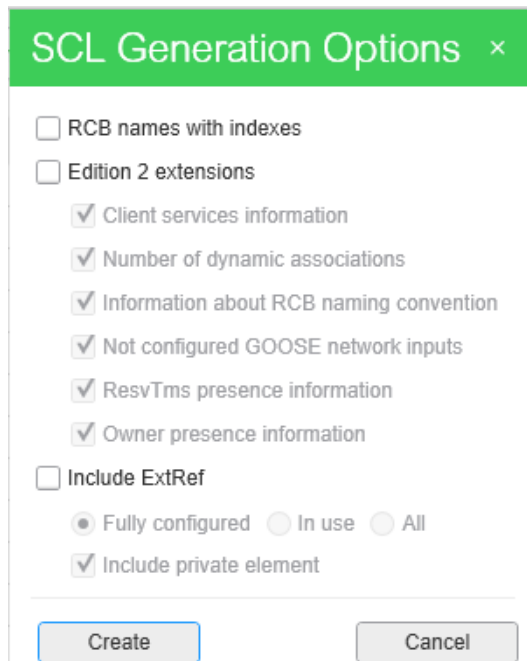
## 5.7 Älykkään sähkölaitteen ominaisuuskuvauk

Konfiguraation ollessa valmis suojareleestä pystytään luomaan ulos laitteen ominaisuuskuvauk eli ICD-tiedosto. Seuraavassa kuvassa 27 nähdään, mistä kyseinen toiminto löytyy.



KUVA 27. Ominaisuuskuvauksen valinta

Ominaisuuskuvauksen jälkeen aukeaa SCL-valintavalikko, joka nähdään kuvassa 28.



**SCL Generation Options** ×

- RCB names with indexes
- Edition 2 extensions
  - Client services information
  - Number of dynamic associations
  - Information about RCB naming convention
  - Not configured GOOSE network inputs
  - ResvTms presence information
  - Owner presence information
- Include ExtRef
  - Fully configured  In use  All
  - Include private element

Create Cancel

KUVA 28. SCL-valinnat, josta muodostuu ICD-tiedosto

Luotu ICD-tiedosto pystytään muuntamaan Siemensin työkaluilla automaatiologiikkaan yhteensopivaksi, jolloin saadaan logiikalle tuotua suoja-alueen ominaisuuskuvauksen sekä tietorakenteen mukaiset tag-nimet. ICD-tiedoston konvertoinnin manuaalit ovat liitetty opinnäytetyön liitteiksi 1 ja 2. (Vamp: Luentomateriaali Vähämäki, 2016; Siemens Oy, 2015; Liite 1 & 2).

## 6 KÄYTÖNVALVONTA

Älykkäät suoja- ja automaation kehitys ovat mahdollistaneet sähköverkon hallintajärjestelmän integroimisen suoraan prosessiautomaatiojärjestelmään. Integroiminen luo kuitenkin lisätaakkaa prosessiautomaatiojärjestelmälle sekä lisää tiedonsiirtoa välissä. Lisäksi sähköverkon hallintajärjestelmien suunnittelussa on huomioitava niiden myöhempi liitettävyyden SCADA-järjestelmiin.

### **Informatiivinen data**

Älykkäät suoja- ja automaation kehitys mahdollistavat sähköverkon monipuoliset mittaustiedot erilliselle verkon hallintajärjestelmälle, josta tiedot saadaan muutettua grafiikaksi sekä selkeäksi tiedoksi käyttäjälle. Lisäksi informatiivinen data mahdollistaa pidempiaikaisen trendiseurannan, josta voidaan tutkia tarkemmin sähköverkon käyttäytymistä. Asiakas tulee määrittämään halutun informatiivisen datan määrän ja nykypäivän tekniikalla mahdollistetaan sen kerääminen vaadittujen standardien mukaisesti.

### **Hälytykset**

Hälytykset ovat järjestelmien tärkein ominaisuus heti ihmistä sekä mekaanisia vaurioita suojaavien katkaisujen jälkeen. Hälytykset tulee priorisoida tarkasti sekä ottaa huomioon väyläliikenteen mahdollinen toimintakatkos tai muu toimintahäiriö. Väyläliikenteen katkoksen tai toimintahäiriön huomioimiseksi hälytysignaali voi yksinkertaisimmillaan olla esimerkiksi suoja- ja automaation erikseen johdotettu yhteishälytys, jolloin mahdollistetaan aina sen kulkeutuminen hälytysjärjestelmään sekä hälytysjärjestelmää hallinnoivalle henkilölle tai organisaatiolle. Hälytyksien tulisi myös kuulua katkeamattoman sähkönsyötön piiriin (UPS), jos sellainen on asiakkaalla käytössä.

### **Ohjaukset**

Järjestelmää ohjattaessa nykyisin vaatimuksena on, että sitä on ohjattava etänä. Etäohjaus luo tarkkoja määräyksiä käyttäjähallintaan ja on puntaroitava järjestelmän tietoturva sekä mahdollisia haittoja, mikäli järjestelmään pääsee käsiksi maallikko tai sinne kuulumaton henkilö. Käyttäjähallinta sekä käyttöoikeuksien jakaminen tulee aina suunnitella tiiviissä yhteistyössä asiakkaan ICT-yksikön kanssa.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyö tulee kehittämään Elomatic Oy:n tietotaitoa ja auttamaan suunnittelijoita ymmärtämään suojareleiden sekä automaatiologiikan välistä kommunikointia. Lisäksi opinnäytetyö auttoi Elomatic Oy:n projektiryhmää suojareleisiin liittyvissä virheiden tarkasteluissa.

Työssä on käsitelty tulevaisuudessa lisääntyvä etäkäyttö sekä sen tuomat mahdollisuudet mobiililaitteilla ja pilvipalveluilla. Lisäksi selostettiin suojareleen valintaan sekä konfigurointiin liittyviä asioita. IEC 61850 tietoliikennestandardiin sisältyvä GOOSE-kommunikointi toimii suojareleiden välisenä diagnostiikka-palveluna sekä säästää merkittävästi kaapelointia, kun tietoa saadaan vaihdettua esimerkiksi suojareleestä toiseen väyläteknii-kan avulla.

Opinnäytetyön sisällöstä onnistuttiin saamaan yritykselle selkeä toimintamalli ja käyttö-ohje keskijännitekojeiston älykkään suojareleen valintaan, kommunikaatioon ja yleiseen konfiguraatioon. Lisäksi yritykselle koottiin suojareleisiin liittyvää tietoa jakokeskusten tietoliikennestandardista IEC 61850.

Opinnäytetyössä käytettiin vain luotettavaa lähde- ja koulutusmateriaalia suojareleisiin ja niiden kommunikointiin liittyen, jotta pystyttiin varmistumaan sisällön oikeellisuudesta. Opinnäytetyö laadittiin hyviä eettisiä periaatteita noudattaen, eikä sen tuloksia pyritty muokkaamaan minkään tahojen etujen mukaisiksi.

Opinnäytetyö kehitti omaa osaamistani keskijänniteverkon sähkönjakeluautomaation teo-riassa, laitevalinnoissa, IEC 61850 -tietoliikennestandardin mukaisen kommunikaation ymmärtämisessä sekä suojareleen konfiguroinnissa.

## LÄHTEET

ABB, 2015. PowerPoint-esitys. Sähkönjakeluautomaatio. Katsottu huhtikuu 2018. [http://www02.abb.com/globa/fiabb/fiabb254.nsf/0/3f6330cc75bafdf5c12570a0003c02c1/\\$file/FI-SUB2209\\_2005.ppt](http://www02.abb.com/globa/fiabb/fiabb254.nsf/0/3f6330cc75bafdf5c12570a0003c02c1/$file/FI-SUB2209_2005.ppt)

ABB: TTT-käsikirja 2000-07. Luettu huhtikuu 2018.

Elomatic Oy: Verkostolaskenta, Muistiinpanot 2018. Luettu heinäkuu 2018

GE Digital Energy, 2015. IEC 61850 Introduction v1. Katsottu touko- ja kesäkuussa 2018. [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=130&v=ahd0V8qwbPY](https://www.youtube.com/watch?time_continue=130&v=ahd0V8qwbPY)

JL/SSa. Schneider Electric Oy, 2014. Moottorinsuojaus-luentomateriaali. Luettu huhtikuu 2018. VAMP2xxMotor\_v08.pdf

Risto Lehto, Schneider Electric Oy, 2017. Video 1. Easergy P3 – Smart Application Presentation. Katsottu maaliskuu 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=YU9OVJy7R-M>

Risto Lehto, Schneider Electric Oy, 2017. Video 2. Easergy P3 – Communication to the Device. Katsottu toukokuu 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=6XTLMh81ffA>

Schneider Electric Oy, 2017. P3-Suojarele. Help me choose-työkalu. Luettu huhtikuu-toukokuu 2018. <https://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/64884-easergy-p3?parent-category-id=4700#tabs-top>

Schneider Electric Oy, 2017, Easergy P3: Universal Relays P3U10, P3U20 and P3U30. User Manual. Luettu huhtikuu 2018. [https://www.rza.by/upload/iblock/b26/Easergy%20P3Ux0\\_User%20Manual\\_P3U\\_EN\\_M\\_B001\\_26-10-2017.pdf](https://www.rza.by/upload/iblock/b26/Easergy%20P3Ux0_User%20Manual_P3U_EN_M_B001_26-10-2017.pdf)

Siemens Oy, 2015. IEC 61850-kirjasto. Luettu huhtikuu 2018. [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109480624/iec-61850-client-library-\(tia-portal\)?dti=0&lc=en-MY](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109480624/iec-61850-client-library-(tia-portal)?dti=0&lc=en-MY)

Siemens Oy, 2017. TiaPortal. Luettu huhtikuu 2018. [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php)

Vamp: Luentomuistiinpanot, Hirsimäki, 2018. Luettu huhtikuu 2018.

Vähämäki, O. Vamp Oy, 2016. IEC 61850-luentomateriaali. Luettu huhtikuu 2018. VAMP\_61850\_ImplementationInProtectionRelays\_v30.pdf



**LIITTEET**

Liite 1. IEC 61850 Client Library, 2015, interface configuration.

[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Application+solutions&p\\_File\\_Name=P3APS17001EN+IEC+61850+GOOSE+interface+in+Easergy+P3+relays+configuration+instruction.pdf&p\\_Doc\\_Ref=P3APSxxxxxEN&\\_ga=2.196610149.810669082.1534246166-1803319275.1532084928](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Application+solutions&p_File_Name=P3APS17001EN+IEC+61850+GOOSE+interface+in+Easergy+P3+relays+configuration+instruction.pdf&p_Doc_Ref=P3APSxxxxxEN&_ga=2.196610149.810669082.1534246166-1803319275.1532084928)

Lite 2. Siemens 2015, IEC 61850 client library, StatCon, STATIONDevice CONfiguration tool.

[https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109480611/StatCon\\_Manual\\_V1.1.pdf?download=true](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109480611/StatCon_Manual_V1.1.pdf?download=true)

Liite 3. IEC 61850 interface configuration.

<https://m.vamp.fi/dmsdocument/204>

