



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# MICROSCADA- KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄ JA VIANPAIKANNUS

TEKIJÄ: Joonas Väänänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Joonas Väänänen			
Työn nimi MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmä ja vianpaikannus			
Päiväys	15.12.2016	Sivumäärä/Liitteet	46/2
Ohjaaja(t) yliopettaja Juhani Rouvali, lehtori Timo Savallampi			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä			
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun sähkötekniikan laboratoriossa. Opinnäytetyön taustalla on sähkönjakelun opetuslaitteiston kehitys- ja muutostyöt. Työ tehtiin tutkimalla nykyistä opetuslaitteistoa, johon kuuluvat keinotekoinen verkkomalli, SF<sub>6</sub>-kaasueristeinen katkaisija kennoineen sekä REF543-kennotermiinaali. Työssä käytettävät laitteet ja järjestelmät ovat pääosin ABB:n valmistamia. Työn pääasiallisena tarkoituksena ja tavoitteena on esittää periaatteet edellä mainitun johtolähdön liittämistä MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään, käydä läpi järjestelmän rakennetta ja toteuttaa vianpaikannus DMS600-käytöntukijärjestelmällä.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käsitellään sähköasemilla käytettäviä suojaletyyppejä, sähköaseman tiedonsiirtoa eri automaatiotasojen välillä sekä verkon hallintaan liittyviä järjestelmiä. Lähteinä työhön käytettiin kirjallisia ja elektronisia julkaisuja, jotka koostuivat suurimmaksi osaksi laitteiden ja järjestelmien manuaaleista sekä aihetta koskevista teoksista.</p> <p>Työlle asetetut tavoitteet toteutuivat. MicroSCADAan rakennettiin käyttöliittymä ja sen toiminnot testattiin. Vianpaikannus katsottiin toimivaksi ja sitä voidaan käyttää opetuksessa. Työstä syntyi dokumenttina tämä opinnäytetyö, jota koulun henkilökunta ja oppilaat voivat hyödyntää opetuslaitteiston jatkokehityksiä varten ja järjestelmiä käyttäessä.</p>			
Avainsanat MicroSCADA, käytönvalvonta, DMS600, käytöntuki, SPA, valvomo, vianpaikannus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Joonas Väänänen			
Title of Thesis MicroSCADA Network Control System and Fault Locating			
Date	15 December 2016	Pages/Appendices	46/2
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer, Mr. Timo Savallampi, Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University Of Applied Sciences			
Abstract			
<p>This thesis was carried out in the laboratory of electrical distribution at Savonia University of Applied Sciences. The purpose of this thesis was the development and modification of equipment used for teaching. The assignment was made by examining the current equipment, which consists of an artificial distribution network, SF<sub>6</sub>-circuit breaker with its cell and REF543 feeder terminal. The equipment and systems used were mainly manufactured by ABB. The main objectives were to present the principles of connecting the above-mentioned equipment to the MicroSCADA network control system, to go through the structure of the system and to carry out fault locating by using the DMS600-distribution management system.</p> <p>The theoretical part deals with protective relay types used in electric stations, data transmission between different automation levels and the systems related to controlling the power grid. The sources used were from literature and electronic publications that consisted mostly of manuals of the devices and systems and literature concerning the topic.</p> <p>The objectives were accomplished. The user interface was made to MicroSCADA and its functions were tested. Fault locating was considered functional and it can be used in education. The result of the project is this thesis, which can be used by the staff and students when using the above mentioned systems and developing the educational equipment.</p>			
Keywords MicroSCADA, supervisory control, DMS600, distribution management system, SPA, monitoring room, fault locating			

## KÄSITTEISTÖ

CIS, ATJ	Customer Information System, Asiakastietojärjestelmä
DEM, EHJ	Distribution Energy Management, Energianhallintajärjestelmä
GIS	Geographical Information System, Maastotietojärjestelmä
MTJ	Mittaustietojärjestelmä
IED	Intelligent Electronic Device, mikroprosessori-pohjainen ohjauslaite / älykäs elektroninen laite
LAN	Local Area Network, lähiverkko
Kj	Keskijännite
Pj	Pienjännite
SCADA, NCS, KVJ	Supervisory Control And Data Acquisition, Network Control System, Käytönvalvontajärjestelmä
DMS, KTJ	Distribution Management System, Käytöntukijärjestelmä
NIS, VTJ	Network Information System, Verkkotietojärjestelmä
RTU	Remote Terminal Unit, kaukokäytön ala-asema
Selektiivisyys	Selektiivisyydellä tarkoitetaan, että häiriötilanteessa viat rajataan mahdollisimman pieneen alueeseen ja vain vikaantunut osa pyritään irrottamaan muusta verkosta
SPA	ABB:n kehittämä tiedonsiirtoprotokolla
Proseduuri	SCIL-ohjelmoitu komentoketju
SCIL	ABB:n kehittämä ja MicroSCADA:ssa käytettävä ohjelmointikieli
3I>>	IEC-symboli ylemmän portaan suuntaamattomalle kolmivaiheiselle ylivirtasuojalle
OPC	OLE for Process Control, avoimen tiedonsiirron standardi, jota käytetään lähinnä PC-valvomojen ja ohjelmoitavien logiikoiden välisessä tiedonsiirrossa

## ESIPUHE

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Savonia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion osasto. Erityiskii-  
tokset kuuluvat yliopettaja Juhani Rouvalille työn mahdollistamisesta sekä motivoivasta ja ottautu-  
vasta opetustyylistä niin sähköjakelutekniikkaan liittyvien ammattiopinnoiden kuin opinnäytetyöni  
teon aikana. Lisäksi haluan kiittää ABB:n puolelta suunnittelupäällikkö Mika Rajaniemeä vinkeistä  
MicroSCADA-ohjelmiston käytössä, projekti-insinööri Kai Kinnusta vikaroottorin käyttöönotosta ja  
avusta vianpaikannuksen toteuttamisessa, projektipäällikkö Vesa Lidmania SCIL-ohjelmoinnista sekä  
koulun tietohallinnosta pääoperaattori Seppo Voutilaista teknisestä tuesta.

Kuopiossa 15.12.2016

Joonas Väänänen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	8
2	RELESUOJAUSTEKNIikka SÄHKÖNJAKELUSSA.....	9
2.1	Suojareletyypit.....	10
2.1.1	Sähkömekaaniset releet.....	10
2.1.2	Staattiset releet .....	11
2.1.3	Numeeriset releet.....	11
2.2	Sähköasemien muut komponentit ja niiden tehtävät .....	12
2.3	Tiedonkeruu ja tietoliikenne.....	13
3	VERKONHALLINTAJÄRJESTELMÄT .....	15
3.1	Käytönvalvontajärjestelmä.....	15
3.2	Käytöntukijärjestelmä.....	16
3.3	Muita tietojärjestelmiä .....	17
4	VERKKOMALLIOPETUSLAITTEISTO SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUSSA.....	18
4.1	Laitteiston kokoonpano .....	18
4.2	Jakeluverkko.....	19
4.3	REF543-kennoterminaali.....	19
4.4	Releiden ja valvomon välinen tiedonsiirto .....	20
4.5	SPA-protokolla .....	21
5	MICROSCADAN KÄYTTÖ JA JOHTOLÄHDÖN LIITTÄMINEN JÄRJESTELMÄÄN .....	22
5.1	Kommunikointijärjestelmän konfigurointi .....	24
5.2	SPA-pisteiden luominen .....	26
5.3	Prosessipisteiden määrittäminen .....	28
5.4	Valvomokuvien tuottaminen .....	31
6	VIANPAIKANNUKSEN TOTEUTUS .....	34
6.1	Laskennallisen vianpaikannuksen periaatteet .....	34
6.2	Keinoverkon sähköinen kuvaus ja 3-vaiheinen oikosulkuvirta .....	35
6.3	Vikatiedot REF543-kennoterminaalissa .....	36
6.4	Vikapaketin laatiminen käytönvalvontajärjestelmään .....	36
6.5	Vikapaketin siirtäminen käytöntukijärjestelmään .....	40
6.6	DMS600:n sovellukset lyhyesti ja verkkotietojen syöttö .....	41
6.7	Vikatilanteiden hallinta .....	42

6.8 Vianpaikannuksessa huomautetut puutteet ja kehitysideat .....	43
7 YHTEENVETO.....	45
LÄHTEET .....	46
LIITE 1: VERKKOMALLI KÄYTÖNTUKIJÄRJESTELMÄSSÄ.....	47
LIITE 2: VIAN PAIKANNUKSET ERI PISTEISSÄ .....	48

## 1 JOHDANTO

Sähköasemien ja keskijänniteverkon käyttötoiminnan toteuttamisessa hyödynnetään laajasti automaatiotoimintoja, jotka mahdollistavat verkon seurannan ja ohjauksen kauko-ohjatusti verkkoyhtiön valvomosta. Käyttötoiminta on luonteeltaan prosessin hallintaa, jossa prosessikohteena ovat sähkönjakelussa erityyppiset ja -kokoiset sähköverkot. Verrattuna esimerkiksi pienempään kohteeseen, kuten paperikoneeseen prosessi pyritään saamaan toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Jotta edellä mainittuihin tavoitteisiin päästään, täytyy verkoista ja niihin liittyvistä komponenteista saada paljon reaaliaikaista tietoa valvomiin. Ajan saatossa sähköjakeluverkkojen hallintaan on kehitetty varsin laajoja tietoteknisiä apuvälineitä, joita yhtenä kokonaisuutena nimitetään sähköjakeluautomaatioksi. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 232)

Piilkomalla sähköjakeluautomaatio käsitettä paloihin se voidaan jakaa niin sanotusti ylhäältä alas valvomo-, sähköasema-, verkosto- ja asiakasautomaatioon. Automaatiotoimintojen toteuttaminen vaatii näiden tasojen välillä erilaisten tiedonsiirtotekniikoiden sekä tietojärjestelmien hyväksi käyttöä. Valvomoautomaatiossa verkkoyhtiöllä on käytössä käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, joiden avulla verkkoa pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti ja puuttumaan häiriötilanteen sattuessa tilanteen vaatimin toimenpitein. (Lakervi & Partanen, 2012, ss. 233, 234)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja dokumentoida, kuinka koulun laboratorion verkkomalli on liitetty käytönvalvontajärjestelmään, kun lähtöä ohjaavana yksikkönä on REF543-kennotermiinaali. Työn teoriaosuudessa käsitellään tiivistetysti sähköasemilla käytettäviä suojarelaytyyppejä, sähköaseman tiedonsiirtotasoa sekä verkon hallintaan käytettäviä järjestelmiä. Varsinaisessa työosuuden raportoinnissa lukija pyritään perehdyttämään Savonia-ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa sijaitsevaan sähköjakeluverkkoa mallintavaan opetuslaitteistoon ja antaa perustietoja käytönvalvontajärjestelmän rakenteesta ja lähdön liittämistä kyseiseen järjestelmään SPA-protokollan avulla. Työssä käsitellään myös vianpaikannuksen toteuttamista käytöntukijärjestelmän avulla.



## 2 RELESUOJAUSTEKNIikka SÄHKÖNJAKELUSSA

Yleisesti keskijänniteverkon johtolähtöjen suojauksessa käytetään erilaisia johdonsuojareleitä. Relesuojaustekniikkaa on käytetty sähköjakeluautomaatioissa jo vuosisadan alusta alkaen, ja sen merkitys on kasvanut suuresti sähköjärjestelmien laajetessa ja laadukkaan sähköjakelun takaamisessa erityyppisille kuluttajille. Suurimmat harppaukset reletekniikassa ovat syntyneet etenkin parin viime vuosikymmenen aikana, joten sen parissa työskentelevien tulee seurata releiden teknistä kehitystä pystyäkseen soveltamaan uutta tekniikkaa. Toisaalta kyseessä olevat johdonsuojareleet ovat varsin pitkäikäisiä, joten tarvitaan myös vanhemman tekniikan ymmärtämistä.

Johdonsuojareleet ovat tavallaan mittalaitteita, jotka tarkkailevat verkon tilaa mittaamalla sähköisiä suureita, kuten virtoja, jännitteitä sekä tehoja. Mittaustietojen tuomiseen releelle ja releen liittymiseen verkon primäärikomponentteihin käytetään mittamuuntajia, jotka kytketään releen tuloportteihin. Primäärikomponenteilla tarkoitetaan esimerkiksi johtolähtöjä suojaavissa kennoissa olevia katkaisijoita, vaunuerottimia tai maadoituskytkimiä. (Mörsky, 1992, s. 13)

Johdonsuojareleen tärkein tehtävä on suojata alaisuudessaan toimivaa sähköverkkoa. Yksinkertaisemmillaan suojaus tapahtuu siten, että releeseen tuodut sähköiset suureet ylittävät asetteluarvot tai muulla tavalla poikkeavat näistä, jolloin rele tulkitsee tilanteen epänormaaliksi. Tällöin se lähtöporttiansa ja koskettimiensa avulla antaa ohjauksikäskynsä päävirtapiirissä olevalle katkaisijalle, jotta viallinen osa saadaan irrotetuksi terveestä sähköverkosta. Releen havahtumisen ja kytkentävirikkeen antamisen välistä aikaa kutsutaan releen toiminta-ajaksi. Toiminta-ajat määritellään erityyppisien vikojen ja selektiivisen suojauksien saavuttamisen kannalta sopiviksi, jotta vältetään turhien katkaisujen aiheuttamiselta tai vika saadaan riittävän nopeasti kytkettyä pois tuhojen välttämiseksi. (Mörsky, 1992, ss. 13, 19)

Jatkotoimenpiteinä tarpeen vaatiessa releellä ohjataan myös kaukokäyttöisesti erotinasemalla sijaitseva linjaerotin auki, jotta vika saataisiin rajattua katkaisijan toimimisen jälkeen vielä pienempään alueeseen. Tämä edellyttää sitä, että erotin on liitetty johdonsuojareleeseen sekä käytönvalvontajärjestelmään, jotta etäohjaus onnistuu. Tällaisilla kytkentätilanteilla esimerkiksi rengastyypisissä verkoissa syöttö terveille johto-osuuksille voidaan hoitaa toisen keskijännitteisen kennon kautta. (Mörsky, 1992, s. 13)

Relesuojaustekniikka perustuu pääasiassa siihen, että vikojen olemassaolot pyritään tunnistamaan mahdollisimman nopeasti ja suorittamaan automaattisia sekä manuaalisia toimenpiteitä vikojen poistamiseksi. Toisena releiden päätehtävänä voidaan pitää vika-alueiden rajaamista mahdollisimman pieneksi vianpaikannukseen liittyvien toimintojen avulla. Relesuojauksessa ei ole varsinaisesti kyse verkossa esiintyvien vikojen ja häiriöiden ennalta ehkäisystä, sillä esimerkiksi puun kaatumiseen jännitteeseen sähkölinjaan tai eristeaurion syntymiseen ei voida ennalta varautua. Poikkeuksena sääntöön on verkon stabiilin toiminnan ylläpito, jolloin relesuojaustekniikkaa käytetään laajan sähköhäiriön ennalta ehkäisyyn. Myös generaattorien, moottorien ja muuntajien suojauksessa käytetään relei-

tä, jotka varoittavat etukäteen lähestyttäessä laitteen toimintakyvylle vaarallista käyttöaluetta. (Mörsky, 1992, s. 14)

Releiden ja verkkoa valvovien järjestelmien tulee olla jatkuvasti luotettavia ja varmakäyttöisiä. Vian havaitsemattomuus tai releen aiheeton toiminta voi vaikuttaa pahimmassa tapauksessa ihmisten ja eläinten terveyteen, laite- ja omaisuusvaurioihin sekä sähkön laatuun. (Mörsky, 1992, s. 14)

## 2.1 Suojareletyypit

Suojareleitä on monenlaisia eikä niihin paneuduta tässä opinnäytetyössä kovin syvällisesti. Hyvä on kuitenkin ymmärtää, millaisia suojareleityyppejä on olemassa ja miten niiden integroituminen yhteen releeseen (ns. kennoterminaaliin) on kehittynyt ja verkonhallintajärjestelmiin kytketyminen mahdollistunut. Suojauksen kannalta tärkeimpiä suojarelelajeja ja niiden tehtäviä ovat:

- ylivirtareleet, jotka toimivat virran ylittäessä asetteluarvon
- yli- ja alijännitereleet, jotka toimivat jännitteen ylittäessä tai alittaessa asetteluarvon
- taajuusreleet, joita käytetään yli- ja alitaajuuksien havainnoinnissa
- suuntareleet, jotka mittavat virran ja jännitteen välistä vaihekulmaeroa
- epäsymmetriareleet, joita käytetään vinokuorman havainnointiin kolmivaihejärjestelmässä
- differentiaalireleet (vertoreleet), jotka perustuvat erovirtojen mittaamiseen
- distanssireleet, joita käytetään vianpaikantamiseen
- aikareleet, jotka toimivat asetellun viiveen kuluttua
- hetkelliset releet, jotka toimivat nopeasti ja ilman tarkoituksellista viivettä.

(Mörsky, 1992, s. 21; Vedenjuoksu, 2016)

Luetellut suojareleet on mahdollista toteuttaa sähkömekaanisin keinoin liikkuvine osineen (sähkömekaaniset releet), elektroniikan avulla (staattiset releet) tai nykyisellään laajalti käytössä olevalla tekniikalla, jossa hyödynnetään mikroprosessoreja (numeeriset releet). (Mörsky, 1992, s. 21)

### 2.1.1 Sähkömekaaniset releet

Ensimmäisissä ratkaisuissa suojareleet liitettiin suoraan suojattavaan päävirtapiiriin eivätkä ne tällöin tarvitse erillistä apuenergiaa toimiakseen. Sijoituspaikan takia tämän tyyppisiä releitä kutsutaan ensiö- tai primäärireleiksi. Ensiöreleiden toiminta perustuu releen läpi kulkevan virran aiheuttamaan sähkömagneettikentän muutokseen. Virran ylittäessä releen asetteluarvon rele vapauttaa erillisen välitangon avulla katkaisijan laukaisujousen, minkä seurauksena katkaisija avautuu. Kyseiset releet ovat sijoituspaikkansa takia melko järeitä ja mekaanisen rakenteensa vuoksi varsin jäykkiä ja epätarkkoja, joten niiden käyttö nykyisellään on jäänyt ainoastaan varasuojauksien toteuttamisessa. (Mörsky, 1992, s. 21; Vedenjuoksu, 2016)

Ensiöreleitä parempaan tekniseen ja taloudelliseen tulokseen päästiin käyttämällä mittamuuntajien toisioon kytkettäviä toisioreleitä. Ne ottavat kaiken toimintaansa tarvitsevansa energian mittamuun-

tajista, mikä lisää mittamuuntajien taakkaa. Tämä aiheuttaa ongelmallisuutta virtamuuntajan toistokyvyille, mikäli vikavirta sisältää tasakomponentin. Tasakomponentti voi myös aiheuttaa mekaanisen releen havahtumisen asetteluarvoa pienemmillä virralla ja suojauksen epäselektiivisen toiminnan. Toisioreleiden toiminta perustuu ensioreleiden tapaan sähkömagneettikentän muutoksen havainnoimiseen, mutta mekaanisen rakenteen sijaan katkaisijan laukaisukäsky toteutetaan sähköisen kosketintoiminnan välityksellä. (Vedenjuoksu, 2016; Mörsky, 1992, s. 22)

Yleisesti sähkömekaaniset releet ovat tehollisarvoa mittaavia kojeistoja ja ne sisältävät runsaasti liikkuvia osia. Liikkuvien osien vuoksi ne ovat häiritsevän epätarkkoja ja vaativat säännöllistä huoltoa toimiakseen luotettavasti. (Mörsky, 1992, s. 22)

### 2.1.2 Staattiset releet

Staattisissa releissä mekaaninen rakenne on korvattu mikropiireillä analogia- ja digitaalitekniikkaa hyväksi käyttäen. Kyseiset releet tulivat markkinoille 1960-luvun aikana, ja niiden suurin etu mekaanisiin releisiin nähden ovat muun muassa laajemmat asettelualueet, joten ne ovat huomattavasti tarkempia ja nopeimpia. Lisäksi elektroniikan ansiosta niiden huollettavuus sekä tilan tarve on vähäisempää. (Mörsky, 1992, ss. 24, 25)

Staattiset releet ottavat käyttöjännitteensä erillisestä apusähköjärjestelmästä, joten se ei aiheuta mittauspiirille lisätaakkaa. Lähtöreleenä voidaan käyttää apurelettä, joka sisältää koskettimet niin laukaisua kuin hälytystä varten. Näin myös johdotustyö on vähäisempää. Elektroniikkaa soveltamalla voidaan useita eri toimintoja koota samaan releeseen. Tästä esimerkkinä johdonsuojaamiseen tarkoitettu staattinen rele, joka sisältää ylivirta- ja maasulkuelimen lisäksi jälleenkytkentälogiikan. Edellä mainitut logiikkapiirit huolehtivat siis jokainen omasta suojausfunktioistaan, joten on luontevampaa käyttää nimitystä releyksikkö yleistävän rele-termin sijaan. (Mörsky, 1992, s. 25)

### 2.1.3 Numeeriset releet

Staattisten releiden jälkeen markkinoille alettiin 1980-luvulla tuoda mikroprosessorihin pohjautuvia releitä, joista käytetään yleisnimityksiä prosessorirele, numeerinen rele tai kennotermiinaali. Staattisten releiden syrjäytymisen merkittävimpänä syynä voidaan pitää mikroprosessorien digitaalista signaalinkäsittelyä. Ensimmäisen sukupolven numeerisissa releissä kaikki suojaustoiminnot integroitiin samaan releeseen. Esimerkiksi johdonsuojasovelluksessa suojaustoiminnot, kuten oikosulku- ja maasulkusuojaus alatoimintoineen sekä jälleenkytkentätoiminnot, yhdistettiin yhteen pakettiin eikä erillisiä releyksiköitä näin ollen tarvittu. Tässä vaiheessa releeltä ulos lähtevät tiedot olivat pelkkiä kosketintietoja. (Mörsky, 1992, ss. 25, 26)

Toisen sukupolven numeerisille releille on tunnusomaista tiedonkulun kaksisuuntaisuus: releeltä voidaan lukea esimerkiksi mittaus-, tila- ja asetteluarvoja ja sille voidaan lähettää ohjaus- ja asettelutietoja esimerkiksi valvomon kautta. Näin se toimii paitsi suojaavana komponenttina lisäksi myös tietoa keräävänä yksikkönä muille järjestelmille, kuten verkonhallintajärjestelmille. Tämänäyttöiset älyk-

käät numeeriset releet ovat nykyaikaista teknologiaa ja käytössä laajalti eri sähköjakeluun liittyvissä prosesseissa. (Mörsky, 1992, ss. 25, 26)

## 2.2 Sähköasemien muut komponentit ja niiden tehtävät

Releet tarvitsevat muitakin komponentteja suoriutuakseen suojaustehtävistään. Tällaisia komponentteja ovat muun muassa mittamuuntajat, katkaisijat, apuenergiälähteet, erottimet sekä mittaus-, laukaisu- ja tiedonsiirtoyhteydet. Käyttövarman suojauksen toteutumiseen liittyvät myös käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, joiden operointi tapahtuu valvomoiden kautta. Kyseiset ohjelmistot ja järjestelmät toimivat hälytys-, raportointi- ja käskynantokeskuksina ja ovat merkittävä osa toimivaa relesuojausta. (Mörsky, 1992, s. 16)

Mittamuuntajat jakaantuvat virta- ja jännitemuuntajiin. Niiden tärkein tehtävä on muuttaa (nimensä mukaiset) verkon primäärisuureet releelle sopiviksi sekä erottaa mittauspiiri päävirtapiiristä ja suojata sitä ylikuormituksilta. Mittamuuntajien ansiosta releet on mahdollista sijoittaa etäälle suojattavasta- ja mitattavasta kohteesta. (Mörsky, 1992, ss. 16, 85)

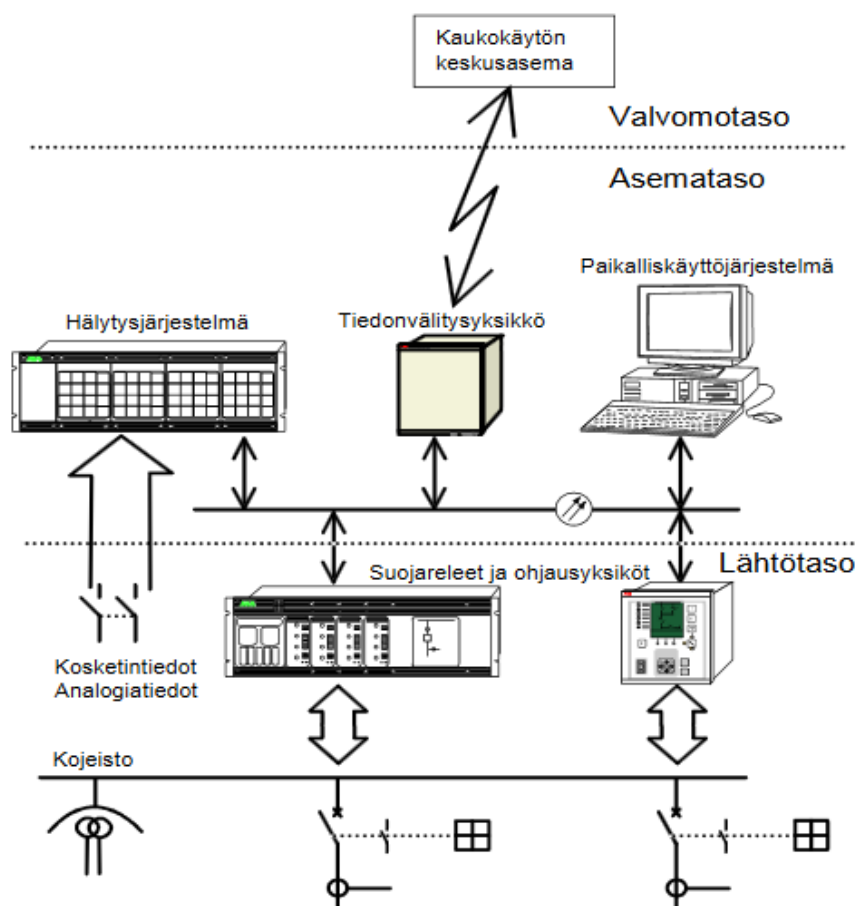
Katkaisija kuuluu verkon päävirtapiiriin osiin ja toimii ainoastaan kytkevänä ja katkaisevana komponenttina. Releen tehtävä on toimia katkaisijan aivoina antaen sille asetteluarvojensa ja koskettimien avulla toimintaohjeita. Katkaisijan ohjaamisessa releen apujännite syötetään katkaisijan auki- tai kiinniohjauskelalle tilanteen mukaan tietyllä hetkellä. Esimerkkinä oikosulun poiskytkeminen asetteluun viiveen kuluttua pika- tai aikalaukaisua käyttäen tai jälleenkytkentäsekvenssin läpiajaminen mahdollisesti ohimenevän vian selvittämiseksi. (Mörsky, 1992, s. 16)

Apuenergiälähteet ovat osa sähköasemien apusähköjärjestelmää, ja niiden tärkein tehtävä on tyydyttää vaikeidenkin vikatilanteiden aikana turvallisuuden ja toiminallisuuden kannalta kriittisten laitteiden sähkön syöttö. Tavallisimmin sähköasemien apuenergiälähteet ovat tasasuuntaajilla syötettyjä akustoja. Tyypillisesti käytetään kahta akustoa rinnakkain, jotta sähkön syöttö pystytään varmasti takaamaan. (Mörsky, 1992, ss. 17, 84, 85)

Etenkin releiden käyttöjännite tuodaan akustolta, jotta katkaisijoiden auki- ja kiinniohjaaminen on mahdollista kaikissa tilanteissa. Apujännite kytketään releen koskettimen välityksellä katkaisijan kiinni olevan apukoskettimen kautta katkaisijan aukiohjauskelalle. Katkaisijan auetessa sen apukosketin katkaisee apujännitteen aukiohjauskelalta, joten releen koskettimelta ei edellytetä kelavirran katkaisua. (Mörsky, 1992, ss. 17, 84, 85)

## 2.3 Tiedonkeruu ja tietoliikenne

Sähköasemilta kerätään paljon tietoa sähköverkosta ja itse sähköasemasta eri tietojärjestelmien käyttöön. Tätä kokonaisuutta hoitaa sähköasemilla paikallisautomaatiojärjestelmä. Kyseinen järjestelmä koostuu toisiokojeista ja eri tiedonkeruutekniikoista, jotka on rakennettu hajautetusti ja hierarkkisesti. Paikallisautomaatiojärjestelmä jakaantuu karkeasti kahteen tasoon; alempaan eli johtotasoon ja ylem্পään eli asematasoon. Kuvassa (kuva 1) on esitetty vedos järjestelmän rakenteesta. (ABB Oy, 2000, s. 9)



KUVA 1. Sähköaseman paikallisautomaatiojärjestelmän periaate (ABB Oy, 2000, s. 11)

Johto- tai lähtötaso koostuu pääasiassa sähköaseman lähdistä ja niihin liitetyistä suojareleistä ja ohjauksyksiköistä. Vikatilanteessa kyseiset komponentit toimivat itsenäisesti laukaisten viallisen lähdon pois terveestä verkosta. Johtotason komponentit varustetaan yhteisellä kommunikaatioväylällä, jolloin ne toimivat myös tiedonkeruuyksikköinä ylemmän tason järjestelmille. Siirrettävä tieto johtotasolta asematasolle on pääasiassa mittaustiedot, tapahtumatiedot, häiriötilanteissa rekisteröidyt tiedot, releen asetteluarvot sekä katkaisijan ja erottimien tilatiedot. (Mörsky, 1992, ss. 30, 31; ABB Oy, 2000, s. 9)

Asemataso koostuu sähköaseman valvonta- ja ohjausjärjestelmistä, joiden avulla suoritetaan keskitettyjä sähköasematason automaatiotoimintoja. Toiminnot vastaavat kaukokäyttöjärjestelmien toimintoja, mutta ne ovat yleensä ohjelmistoiltaan ja laitteistoiltaan riisutumpia, koska toiminnot on räätälöity nimenomaan kyseistä sähköasemaa kohtaan. Myös asematason komponentit on liitetty johto-

tasoon samaan kommunikointiväylään tiedonsiirtoa varten. Tällöin tiedonsiirto on kaksisuuntaista, eli asemataso välittää johtotasolta tulleet tiedot eteenpäin valvomotasolle ja myös siirtää tietoa johtotasolle. Esimerkiksi asematasolta lähetetään väylän kautta suojareleelle katkaisijan kiinni- tai auki-ohjaukset, muuttuneet releen asetteluarvot sekä kaukokuittaukset. (Mörsky, 1992, s. 31; ABB Oy, 2000, s. 10)

Asematasolla oleva tiedonkeruuyksikkö kokoaa väylään liitetyiltä laitteilta tiedot ja välittää ne edelleen eteenpäin valvomotasolle. Kaukokäyttökommunikaatiossa sähköaseman ja valvomon välissä käytetään yleensä kiinteää parikaapeli- tai valokuituyhteyttä sekä joissakin tilanteissa radiopakettiverkkoa. Radioverkkoa hyödynnetään etenkin valvomon ja kaukokäyttö erottimien välisessä tiedonsiirrossa. (ABB Oy, 2000, s. 13; Vaara, 2011, s. 15)

Tasojen ja niiden alaisuudessa toimivien komponenttien ja järjestelmien välisiin kommunikointeihin käytetään erityyppisiä protokollia. Yleisimmät käytössä olevat ja valmistajasta riippumattomat tiedonsiirtoprotokollat ovat IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-104, Modbus, SPA, DNP3.0 sekä IEC 61850. (Vaara, 2011, ss. 15-19)

### 3 VERKONHALLINTAJÄRJESTELMÄT

Verkonhallintajärjestelmät koostuvat valvomotason älykkäistä järjestelmistä, jotka ovat suuri osa valvomoautomaatiota. Verkonhallintajärjestelmät jakaantuvat karkeasti käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmiin, joita verkkoyhtiöt käyttävät valvomoissaan muun muassa seuratakseen verkon tilaa, suunnitteluun, ohjauksiin sekä häiriötilanteiden hallinnoimiseen. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 234)

#### 3.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Lyhykäisyydessään käytönvalvontajärjestelmän (SCADA, KVJ, NCS) tehtävä on välittää tietoa verkon tilasta valvomoon. Sen päätoimintoja ovat

- tapahtumatietojen hallinta
- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kauko-ohjaukset
- kaukomittaukset
- kaukoasettelut
- raportointi

(Lakervi & Partanen, 2012, s. 235)

Verkonvalvontajärjestelmä on sähkönjakelun reaaliaikainen prosessitietokone, jonka avulla saadaan ajantasaistatietoa sähkönjakeluprosessista ja jonka kautta toteutetaan monia kriittisiä toimintoja. Tällöin järjestelmän tulee toimia luotettavasti jatkuvasti, silloinkin kun muut toiminnot ovat häiriintyneet esimerkiksi sähkökatkoksien tai tietoliikennehäiriöiden takia. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 235)

Verkonvalvontajärjestelmien tietokantoihin on kuvattuna mahdollisimman tarkasti sähköasemat sekä verkon osat komponentteineen. Kauko-ohjaustoimintojen avulla sähköasemien ja verkon kytkinlaitteiden tilatiedot saadaan automaattisesti tuotua järjestelmän valvomonäkymään, josta myös niiden auki-kiinni ohjaukset myös tapahtuvat. Käsini ohjattavien kytkinlaitteiden tilatietoa järjestelmä ei automaattisesti ymmärrä, vaan niiden kytkentätilamuutokset on kerrottava sille manuaalisesti. Tämän tyyppinen verkon kytkentätilojen hallinnointi keskitetysti on turvallisuuden kannalta välttämätöntä, sillä laitteiden tilatietojen menettäminen suurhäiriöiden aikaan olisi kohtalokasta. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 236)

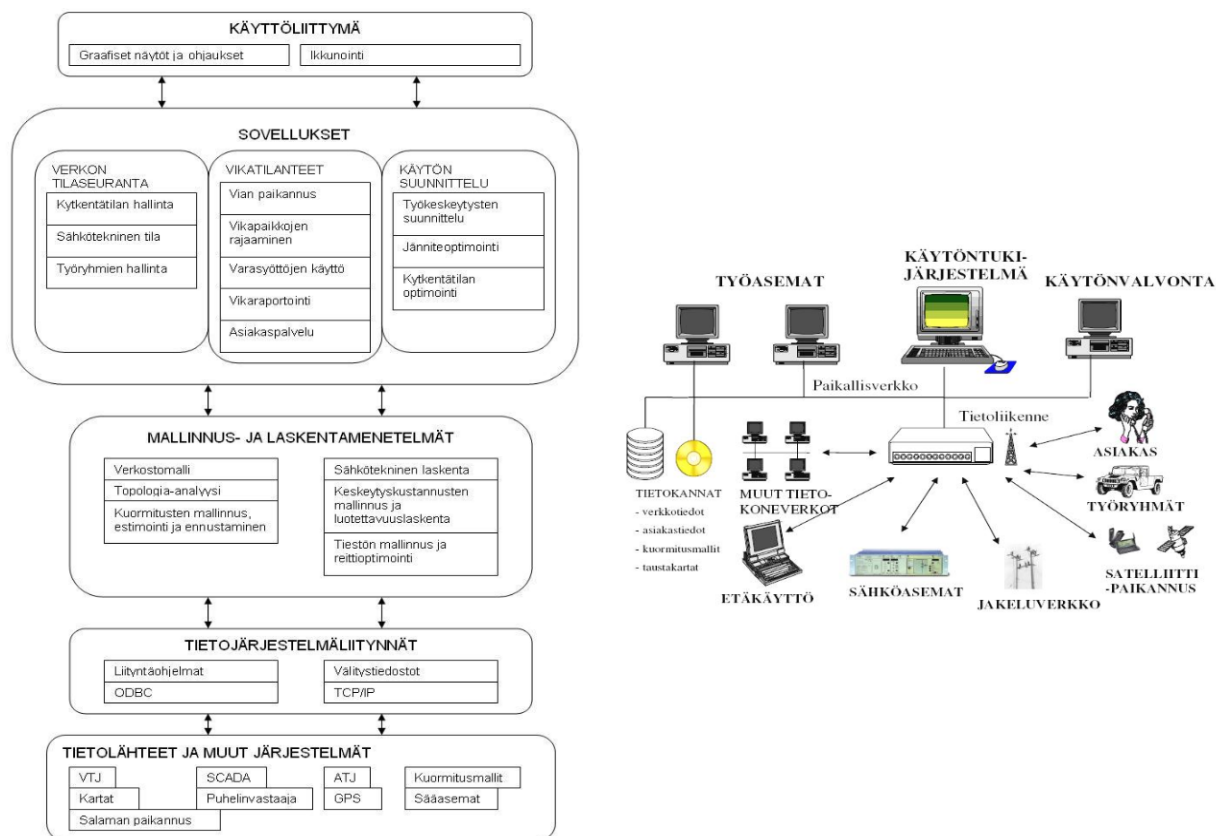
Kauko-ohjaustoimintojen lisäksi järjestelmällä suoritetaan tapahtumatietojen käsittelyä, kaukoasetteluja sekä -mittauksia. Tapahtumatiedoilla valvomoon saadaan tietoa suoja-alueiden toiminnoista, kytkinlaitteiden tilamuutoksista sekä vianilmaisimien ja käämikytkimien toiminnoista. Kaukoasetteluilla voidaan valvomosta käsin muuttaa suoja-alueiden parametreja. Vastaavasti kaukomittauksilla tyypillisesti mitataan sähköaseman kiskojännitteitä ja lähdön puolella virtoja. Myös vian aikana mitatut vikasuureet kuuluvat tavallaan kaukomittaustoimintoihin. Tiedot katkaisijan auki ohjauksesta ja vikasuureista jäävät releen muistiin vian seurauksena. Tähän käytönvalvontajärjestelmä ei puutu kuin välittävänä osapuolena lähettämällä vikatiedot käytöntukijärjestelmälle, joka vertaa saatuja vi-

ka-arvoja omissa tietokannoissaan oleviin tietoihin. Arvoja ja aikaleimoja vertaamalla KTJ pystyy hyvinkin tarkkaan suorittamaan vianpaikantamiseen liittyvät laskelmat ja paikantamaan vian jatkotoimenpiteitä varten. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 236)

### 3.2 Käyttötukijärjestelmä

Käyttötukijärjestelmä (KTJ, DMS) on puolestaan ohjelmistokokonaisuus, jossa on runsaasti erilaisia sovelluksia käyttötoiminnon päätöksenteon tueksi. Tästä ilmeneekin jo SCADAn ja KTJ:n välinen merkittävin ero, joka on niiden älykkyydessä. SCADAn pääasiallisena tehtävänä on kerätä ja välittää tietoa sekä suorittaa ohjauksia itsenäisesti tai käyttäjän toimesta, sisältää KTJ erilaisia analyysi- ja päättelytoimintoja. Tästä esimerkkinä on varasyöttöjen käytön opastaminen laajan häiriötilanteen aikana sekä aiemmin kerrotun vianpaikantamiseen liittyvät toiminnot. (Lakervi & Partanen, 2012, s. 236)

Muita KTJ:n toimintoja ovat edellä mainittujen lisäksi muun muassa kytkentätilojen hallinta, sähköteknisten tilojen reaaliaikainen laskenta, vian paikannukseen liittyvä vikaraportointi sekä työryhmien hallinta. Suoriutuakseen tehtävistään KTJ tarvitsee runsaasti eri tietolähteitä toimintojensa tueksi, joten se liitetään yksinkertaisimmillaan esimerkiksi lähiverkon (LAN) avulla muihin verkohallintajärjestelmiin. KTJ:n eri tasot, laajat sovellukset ja liitännät muihin järjestelmiin on esitetty havainnollisuuden vuoksi kuvassa (kuva 2).



KUVA 2. Käyttötukijärjestelmän rakenne, pääsovellukset sekä liitnytä muihin järjestelmiin (Lakervi & Partanen, 2012, ss. 237, 238)



### 3.3 Muita tietojärjestelmiä

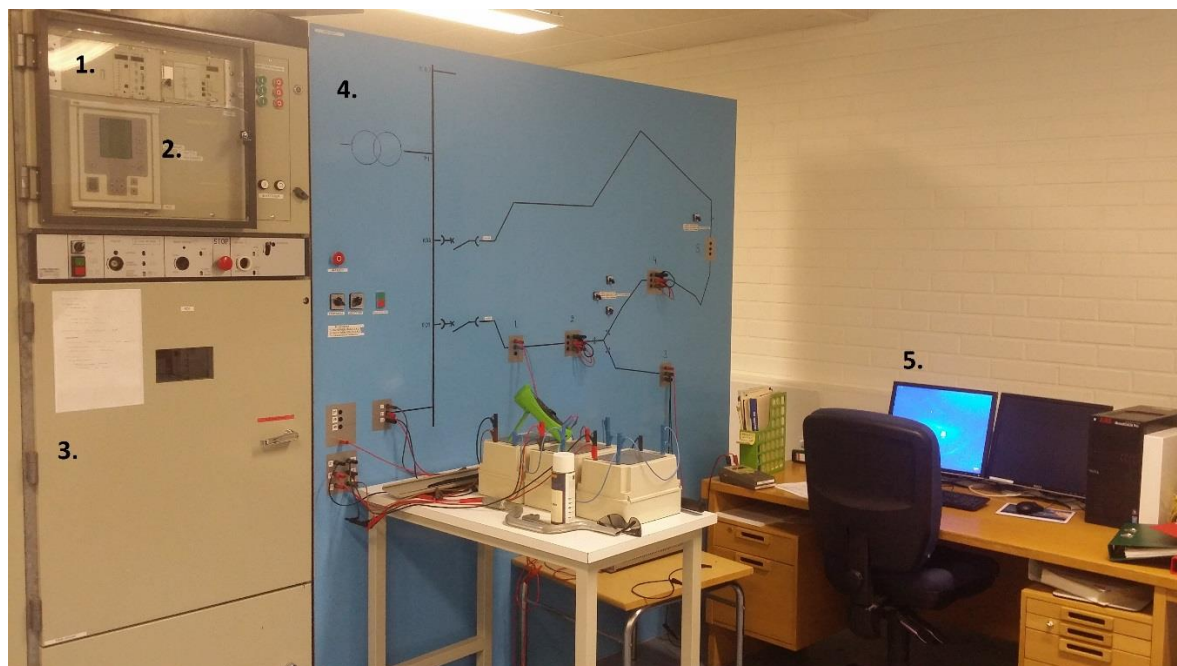
Muita verkkoyhtiöiden käyttämiä tietojärjestelmiä ovat muun muassa sähkönjakelun energiahallintajärjestelmä (DEM, EHJ), asiakastietojärjestelmä (CIS, ATJ), mittautustietojärjestelmä (MTJ) sekä verkkotietojärjestelmä (NIS, VTJ). Aiheeseen liittyen oleellisin kyseisistä järjestelmistä on viimeiseksi mainittu VTJ.

Verkkotietojärjestelmän tietokantoihin on syötetty teknisiä tietoja sähköasemista aina asiakkaalle saakka, eli se pitää sisällään tietoja muun muassa kj- ja pj-verkosta sekä muuntamoista. VTJ:n pääasialliset toiminnot ovat nykyisen ja uuden verkon suunnittelu, ylläpito sekä seurantalaskenta. Sen koko toiminta perustuu paikkatiedon hallintaan, joten graafisessa käyttöliittymässä hyödynnetään maastotietojärjestelmistä (GIS) saatavia karttapohjia. Etenkin KTJ hyödyntää kyseisen järjestelmän kartta- ja johdintietoja vianpaikantamiseen yhteydessä ja sähköverkon havainnollisen esittämiseen. (ABB Oy, 2000, s. 6)

## 4 VERKKOMALLIOPETUSLAITTEISTO SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUSSA

### 4.1 Laitteiston kokoonpano

Tässä osiossa esitellään työssä käytettyjä laitteita. Verkkomallin sähkönsyöttö saadaan erilliseltä jakokeskukselta, joten laitteiston esittely rajataan verkkomallin keskijännitekennosta valvomotyöasemaan. Kaikki esitellyt laitteet löytyivät valmiiksi koulun sähköjakelutekniikan laboratoriotiloista asennettuina ja käyttöön otettuina. Kokonaisuudessaan laitteisto on esitetty kuvassa (kuva 3).



KUVA 3. Työssä käytetty laitteisto (Väänänen, 2016)

1. SPAC 535 -johdonsuojarele
2. REF543-kennoterminaali
3. Vaunuerotin, jossa SF<sub>6</sub>-kaasueristeinen katkaisija
4. Keinotekoinen jakeluverkko
5. Valvomotyöasema

Keinotekoista jakeluverkkoa syötetään kahdella johtolähdöllä, joissa molemmissa on omat katkaisijansa. Lähdössä K01 on vaunuerottimeen integroitu SF<sub>6</sub>-katkaisija, jota ohjataan REF543-kennoterminaalilla. Vastaavasti lähdössä K02 katkaisijana on pienjännitekatkaisija ja erottimena kontaktori, jotta se mallintaisi lähdön K01 tapaista kokoonpanoa. Lähdön K02 ohjaamisessa on käytössä SPAC 535 -staattinen rele.

SPAC 535 -releeseen ei työn aikana paneuduttu, sillä nykyistä kojeistoa oltiin koulun ja siihen valitun projektiryhmän toimesta uusimassa samaan aikaan, kun tätä opinnäytetyötä työstettiin. Nykyinen kenno on tarkoitus uusii niin, että molemmilla lähdöillä on omat kennonsa SF<sub>6</sub>-katkaisijoiheen ja kennoterminaleineen. Tällöin REF543-rele säilytettäisiin K01-lähdön suojauksessa ja SPAC 535:n ti-

lalle vaihdettaisiin REF630:n tapainen nykyaikaisempi johdonsuojarele suojaamaan lähtöä K02. Kyseisillä kojeistojen muutoksilla verkkomalli mallintaisi tarkemmin aitoa sähköaseman kokoonpanoa.

## 4.2 Jakeluverkko

Keinotekoinen jakeluverkko kuvastaa siis keskijännitteistä jakeluverkkoa, joka on rakenteeltaan rengasverkko ja jota käytetään säteittäisenä. Runkojohto on kytketty samaan sähköasemaan, jolloin johdon syöttäminen onnistuu sekä lähdöltä K01 että K02. Johdon varrelle on liitetty muutamia solmupisteitä, joihin on mahdollista synnyttää keskijänniteverkossa esiintyviä tyypillisimpiä vikoja. Käytettävissä olevat vikatyypit tässä tapauksessa ovat yksivaiheinen maasulku sekä kaksi- ja kolmivaiheiset oikosulut. Halutun vikapaikan ja vikatyypin määrittämiseen käytetään nokkakytkimiä sekä vian kytkemiseen verkkoon painonappia.

Johdon sähköinen mallintaminen on toteutettu kytkemällä solmupisteiden väliin tietyn arvoisia resistansseja ja induktansseja, jotta ne vastaavat halutun mittaista runkojohtoa. Maakapasitanssin kuvaaminen on toteutettu kytkemällä solmupisteisiin keskitetysti kondensaattorit vaiheiden ja maan välille.

Solmupisteiden lisäksi verkkomallissa on kaksi erotinasemaa, jotka on toteutettu kontaktoreilla. Ensimmäisellä erotinasemalla, jossa runkojohto haarautuu, on kolme erotinta ja toisella yksi. Kolmiasentoisilla nokkakytkimillä erottimia on mahdollista ohjata päälle-pois tai siirtää ne etäohjaukseen. Paneeliin asennetuilla vihreillä ja punaisilla led-valloilla indikoidaan erottimien tilaa.

## 4.3 REF543-kennotermiinaali

Työssä käytettävä numeerinen rele on ABB:n valmistama ja tyyppinimeltään REF543. Kyseinen kennotermiinaali on IED, joka on ensisijaisesti tarkoitettu keskijänniteverkkojen suojauksiin, ohjauksiin, mittauksiin sekä valvontaan. Releessä on paljon erilaisia suojaustoimintoja, joita voidaan soveltaa niin maasta erotettuihin, sammutettuihin tai osittain maadoitettuihin verkkoihin. Suojaus-, mittaus- ja ohjaustoimintojen lisäksi rele sisältää runsaasti ohjelmoitavia logiikkatoimintoja, joiden muokkaaminen on mahdollista erillisellä ohjelmointityökalulla, kuten esimerkiksi CAP 505 Relay Configuration Softwarella. Logiikkatoimintojen ohjelmoinnissa käytetään hyväksi muun muassa Boolean operaattoreita, aikaloikoja, laskureita sekä kiikkuja, jotka kirjoitetaan releen toimilohkokaavioihin. Käytetyn releen konfigurointi on tehty jo projektityönä aiemmin eikä sitä tässä työssä käsitellä. (ABB Oy, 1999, ss. 4, 9)

Releen tukemat tiedonsiirtoprotokollat ovat SPA-, LON-, IEC 60870-5-103-, IEC 61850-, Profibus-DPV1-, DNP3.0- sekä Modbus-protokollat. Releessä on kolme sarjaliikenneporttia (X3.1-X3.3), joista yksi sijaitsee releen etupaneelissa ja kaksi takapaneelissa. Etupaneelin optista liitintä käytetään edellä mainittuun konfiguroimiseen PC:n ja ohjelmointityökalun avulla. Vastaavasti takapaneelin kahteen liittimeen liitytään jakeluautomaatiojärjestelmiin (käytönvalvontajärjestelmään) kuituoptisella kaape-

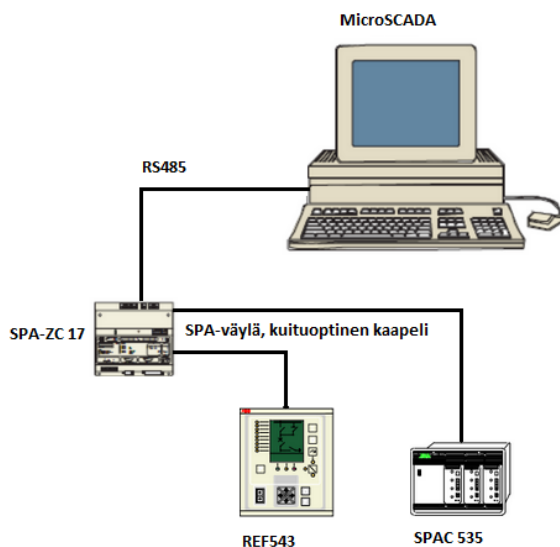
lilla sekä erillisellä väyläliitäntämoduulilla sen mukaan, mitä edellä mainituista tietoliikennetekniikoista käytetään. (ABB Oy, 1999, s. 9)

Tässä tapauksessa rele on kytketty takaa sarjaportista X3.3, jolloin käytössä on ainoastaan protokollat LON ja SPA. Käytettäessä sarjaporttia X3.2 tiedonsiirtoprotokollina on mahdollista käyttää SPA, Modbus, IEC 60870-5-103, DNP3.0, Profibus sekä IEC 61850 -protokollia.

#### 4.4 Releiden ja valvomon välinen tiedonsiirto

Verkkomallin kokonaisuuteen kuuluu myös valvomo, josta sähkönjakeluprosessia voidaan hallita. Tässä tapauksessa valvomona toimii tavallinen Dellin PC, johon on ABB:n toimesta asennettu MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän sekä DMS600-käytöntukijärjestelmän uusimmat versiot.

Molempien releiden ja valvomotyöaseman väliseen kommunikointiin käytetään SPA-protokollaa. Releet on liitetty niiden takapaneelien sarjaliikenneporteista SPA-väylään kuituoptyisella kaapelilla. Vastaavasti kaapelien toiset päät on kytketty SPA-ZC 17 -väyläliitäntämoduuliin, joka muuttaa SPA-väylän optoviestit RS-485- tai SPA +5V-tasoisiksi viesteiksi ja päinvastoin. Moduulista johdotus jatkuu suojatulla parikaapelilla valvomotyöaseman sarjaporttiin. Kuvassa (kuva 4) on esitetty periaatekytkennästä. (ABB Oy, 2000)



KUVA 4. Tiedonsiirtokytkenän periaate

#### 4.5 SPA-protokolla

SPA-protokolla on ABB:n 1980-luvulla esittelemä, SPACOM/PYRAMID-sarjan releiden tiedonsiirtoon kehitetty kommunikointistandardi, josta on sittemmin kehittynyt yleinen standardi sähköasematazon kommunikaatioon. Kyseisessä protokollassa suojareleet, ohjausyksiköt ja hälytyskeskukset liitetään optisilla silmukoilla yhden isäntälaitteen alaisuuteen. Isäntälaitteen alaisuudessa toimivia laitteita kutsutaan orjiksi ja ne on eroteltu toisistaan yksilöllisillä orjanumeroilla. Isäntälaitte kyselee vuoron perään orjilta haluttuja tietoja, minkä jälkeen nämä lähettävät vastauksen kyselyyn orjanumeronsa perusteella. Tämän tyyppistä kyselevää järjestelmää nimitetään myös ns. pollaavaksi-järjestelmäksi. Tällöin järjestelmän tiedonsiirto saattaa joissakin tilanteissa olla hidas, sillä vasteajat riippuvat liitettyjen laitteiden lukumäärästä ja kyseltävän tiedon määrästä. Tärkeän tiedon saamista voidaan jouduttaa pollaamalla kyseistä tietoa useammin kuin muita tietoja. Suurimmillaan SPA-väylän tiedonsiirtonopeus on 9,6 kbit/s. (ABB Oy, 2000, ss. 13, 14)

## 5 MICROSCADAN KÄYTTÖ JA JOHTOLÄHDÖN LIITTÄMINEN JÄRJESTELMÄÄN

Tämän osion on tarkoitus kertoa ja opastaa, kuinka edellä esiteltyä verkkomallia hallitaan MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmällä. Kuten edellä on todettu, järjestelmä on asennettu ja käyteenotettu ABB:n toimesta jo aiemmin, mutta puutteellisten dokumenttien ja kesällä 2016 tehtyjen ohjelmapäivitysten vuoksi järjestelmän kokoonpanon tutkiminen oli osa tätä opinnäytetyötä. Tämä siksi, että opittaisiin tuntemaan kyseistä järjestelmää sekä että koulu saa käyttöönsä dokumentin, jossa kuvataan millä periaatteilla järjestelmää käytetään.

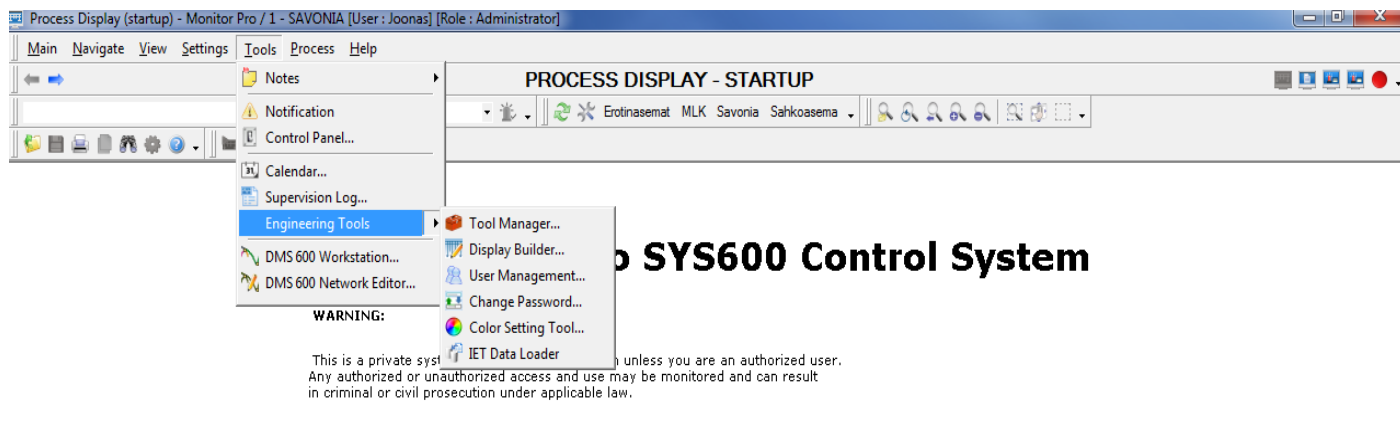
Työssä ei käydä alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti läpi, kuinka itse rele liitetään käytönvalvontajärjestelmään, koska se oli jo ABB:n toimesta tehty. Pääpaino on ohjelmiston rakenteessa ja siinä, kuinka järjestelmä keskustelee REF543-kennoterminaalien kanssa, kun käytettävänä tiedonsiirtoyhteytenä on SPA-väylä. Kappaleissa pyritään esittelemään johdonmukaisesti ja tiivistetysti, kuinka tiedonsiirtoverkkojen konfiguroiminen sekä prosessikohteiden luominen ja niiden lisääminen valvomönäkymään tapahtuu.

Koulun verkkomallista löytyi myös valmiit ABB:n tekemät valvomokuvat, joita oli käytetty MicroSCADAn aiemmassa versiossa, mutta päivityksen jälkeen järjestelmän tuoreimmassa versiossa aseman ohjaus ei kyseisistä valvomönäkymistä onnistunut. Tällöin päädyttiin siihen, että K01 lähtö rakennettaisiin hierarkkisesti uuteen omaan valvomokuvaan, jotta järjestelmän rakenne avautuisi ja vian syy selviäisi. Seuraavissa luvuissa on esitetty tiivistetysti kuvien ja sanojen saattamana lähdön K01 liittämistä käytönvalvontajärjestelmään.

MicroSCADA:ssa on pääasiassa kolme muokattavaa tietokantaa, joilla prosesseja järjestelmän avulla hallitaan

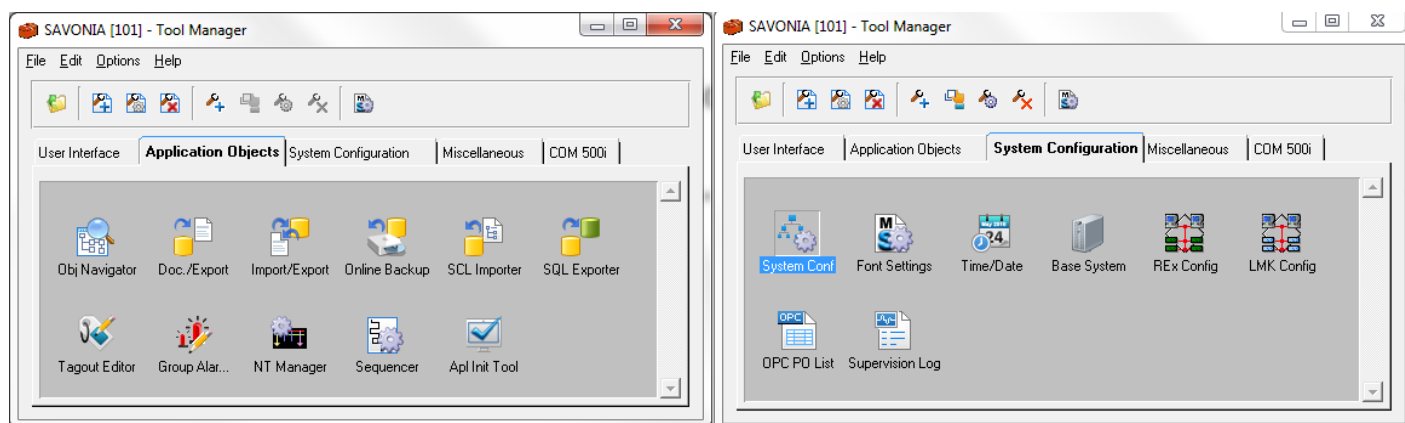
- tiedonsiirtoverkko, jossa jokainen järjestelmään liitettävä toimilaite yksilöidään ja käytettävä tiedonsiirtoprotokolla määritellään
- prosessipisteiden tietokanta, jossa määritellään jokaisen prosessiin liittyvän objektin ominaisuudet
- graafiset valvomokuvat, joissa prosessit pyritään kuvaamaan mahdollisimman selkeästi erilaisin standardoiduin piirrosmerkein

Jokaiselle edellä mainitusta tietokannasta löytyy MicroSCADasta oma työkalu, joilla niitä muokataan. Työkaluihin pääsee käsiksi avaamalla MicroSCADA Monitor Pro pikakuvake, jonka järjestelmä on luonut valvomokoneen työpöydälle sen asennuksen yhteydessä. Kuvasta (kuva 5) nähdään järjestelmän käyttöliittymää sekä järjestelmän konfigurointiin tarkoitetut työkalut.



KUVA 5. Yleiskuva MicroSCADA Monitor Pro käyttöliittymästä

Kuvassa näkyvistä työkaluista Tool Managerilla hallitaan edellä mainittuja tiedonsiirtoverkkoja sekä prosessipisteitä. Vastaavasti Display Builder avaa valvomokuvien muokkaamiseen liittyvän hallintaikkunan. Display Builderin käyttämiseen palataan tässä raportissa myöhemmin. Klikkaamalla Tool Manageria avautuu lisää työkaluja, joista päästään käsiksi kuvan (kuva 6) mukaisiin näkymiin.

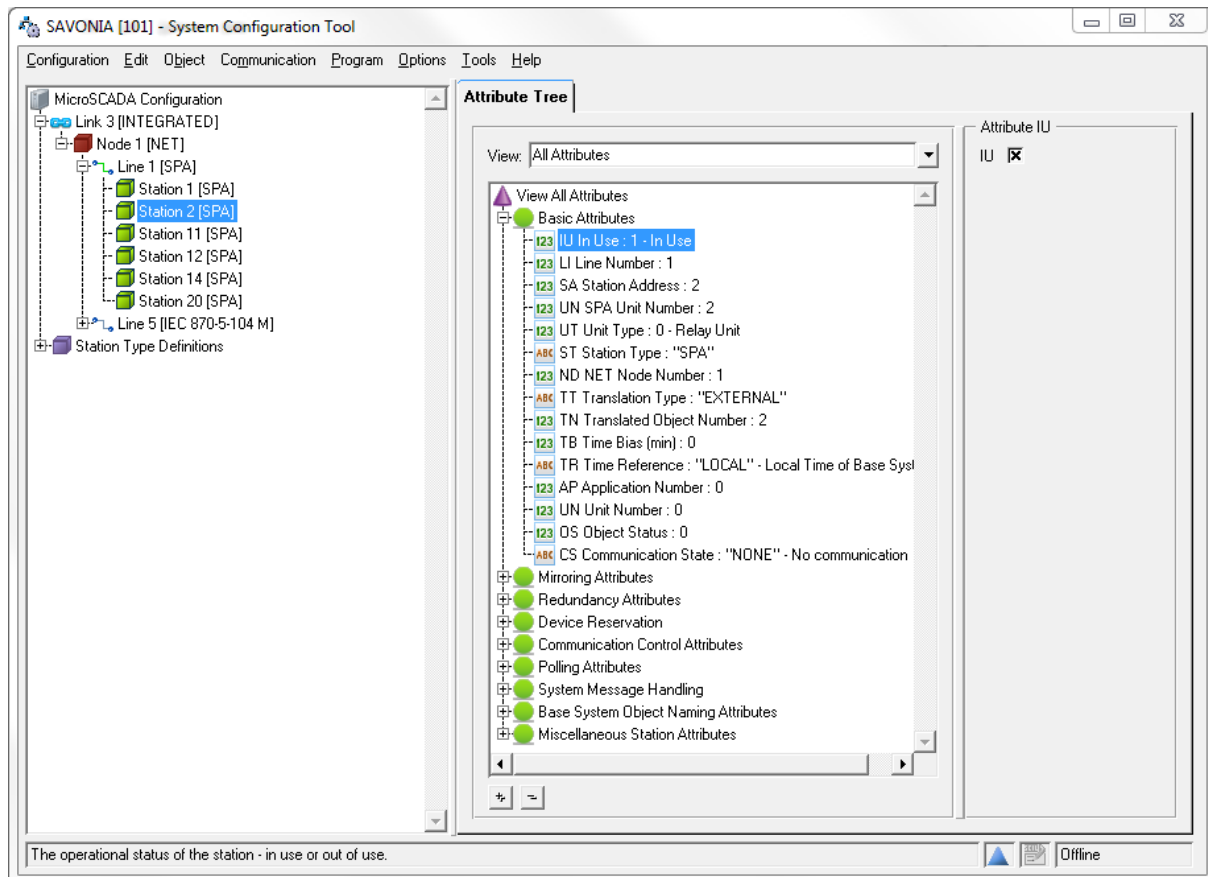


KUVA 6. Tool Manager:ssa sijaitsevat työkalut

Kuvassa näkyvistä työkaluista keskeisimmät tätä työtä koskevat ovat Object Navigator ja System Configuration Tool -työkalut. Object Navigatoria käytetään aiemmin mainittuun prosessipisteiden määrittämiseen ja System Configuration Toolia tiedonsiirtoverkon hallinnoimiseen.

## 5.1 Kommunikointijärjestelmän konfigurointi

Aluksi tulee määrittää protokollat, joilla toimilaitteet liittyvät MicroSCADAan. Tähän käytetään aiemmin mainittua System Configuration Toolia. Klikkaamalla ikonia, avautuu kuvan (kuva 7) mukainen ikkuna.



KUVA 7. Tiedonsiirtoverkkojen konfiguroiminen

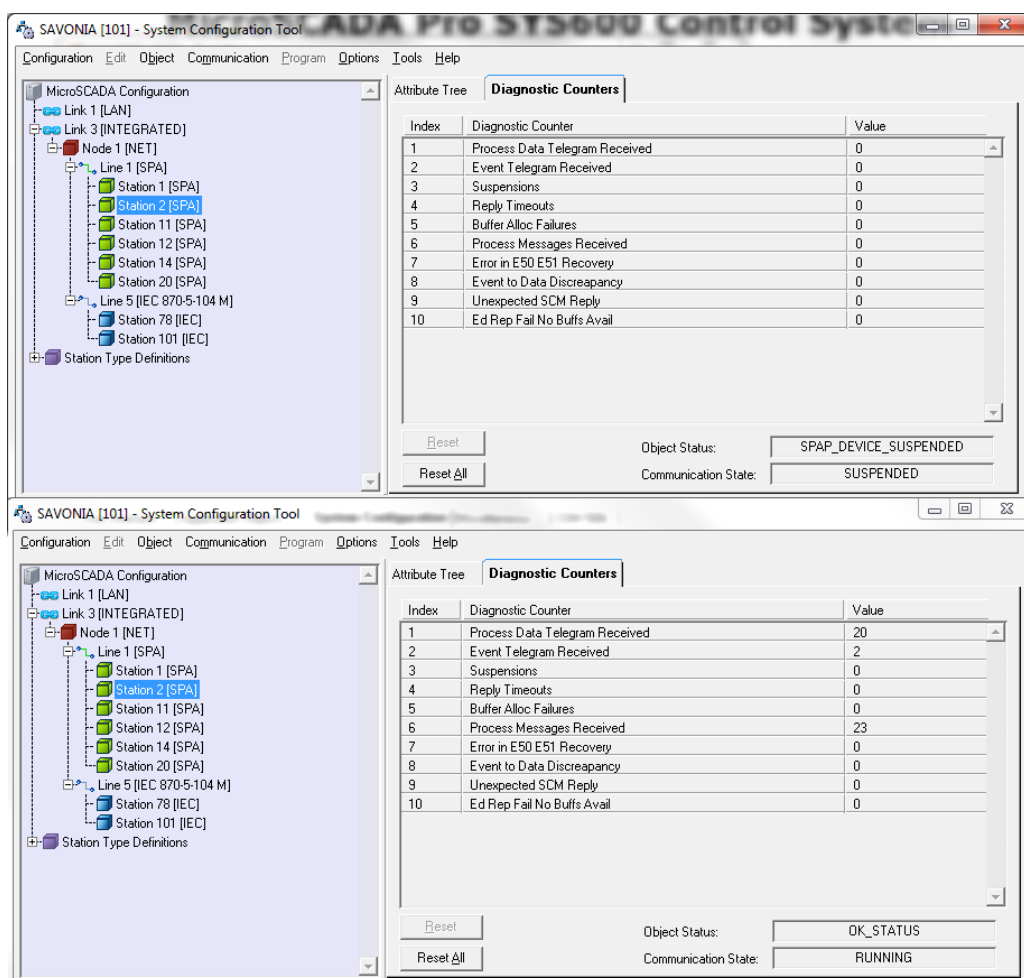
Kuvassa vasemmalla näkyvä tiedonsiirtoon liittyvä puukaavio saadaan avattua klikkaamalla vasemalla yläkulmasta näkyvää Configuration nappia ja tämän jälkeen Open Active komentoa, jolloin näkymään avautuu MicroSCADAan olemassa oleva tiedonsiirtoverkko. Tiedonsiirtoverkko on itsessään määritettävissä kuvassa (KUVA 6) näkyvästä Base System -työkalusta.

Tiedonsiirtoverkko koostuu järjestelmän perussysteemistä, solmuista ja asemista. Solmuilla erotellaan käytettävät väylät ja tietoliikenneyksiköt. Perussysteemiin on jo valmiiksi määritetty PC-NET solmun alle kaksi linjaa, joista toinen on SPA-protokollalle. Solmun alaisuuteen muita määritettäviä linjoja ovat muun muassa LON, IEC 60870-5-103/104, IEC 61850-, Profibus- Modbus-protokollat. Tässä tapauksessa, REF543 liitetään järjestelmään SPA-protokollalla, valittu linja on tyypiltään SPA Master Line, jossa MicroSCADA-serveri toimii masterina ja vastaavasti REF543-kennoterminaali orjana.



Linjan alle voidaan luoda uusia asemia, jotka yksilöivät esimerkiksi järjestelmään liitettyjä RTU-asemia ja suoja-releitä. SPA-linjassa asemanumero vastaa liitetyn laitteen orjanumeroa. Tässä esimerkissä klikkaamalla hiiren oikealla SPA-linjan päällä järjestelmä kysyy luotavan aseman numeroa, johon tähän on valittu 2. Numeron syöttämisen jälkeen järjestelmä luo automaattisesti aseman attribuutteineen tiedonsiirtoverkon konfiguraation mukaisesti. Tässä vaiheessa tulee tarkistaa, että aseman attribuuteista In Use (IU) on päällä ja että kennoterminalissa SPA-osoite on luodun aseman mukainen. REF543-kennoterminalissa orjanumero syötetään valitsemalla päävalikosta kommunikaatio, SPA-protokolla ja tämän jälkeen SPA-osoite.

Yhteyden tarkistaminen järjestelmän ja suoja-releen välillä suoritetaan käynnistämällä PC-NET online-tilassa. Online-tila avataan valitsemalla aiemmin kerrotun Open Active sijaan Open Online. Tällöin Attribute Tree -välilehden viereen ilmestyy Diagnostic Counters -lehti. Kuvassa (kuva 8) on esitetty ylhäällä epäonnistunut yhteyden testaus, kun releen SPA-osoite on väärä ja vastaavasti oikealla osoitteen muuttamisen jälkeen nähdään yhteyden olevan kunnossa, kun datapaketit siirtyvät releen ja järjestelmän välillä.



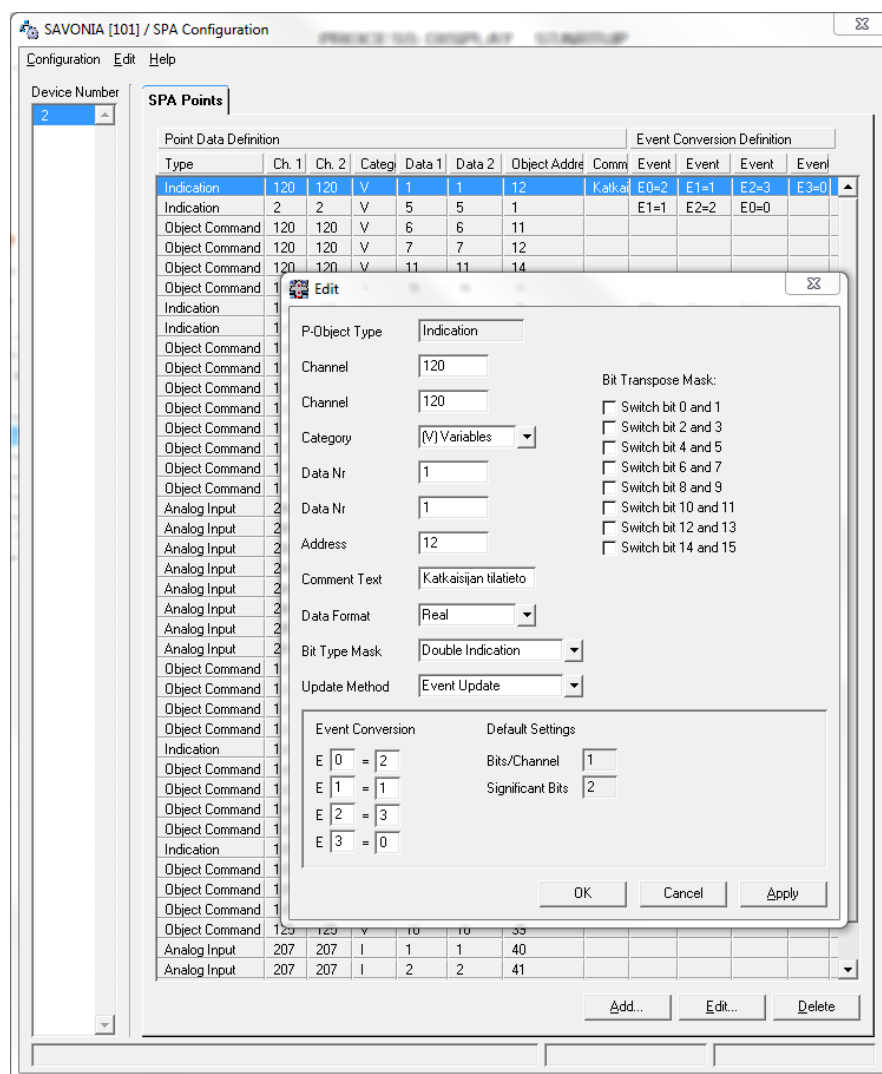
KUVA 8. Yhteyden testaaminen

Kun yhteys on todettu olevan kunnossa, muutokset tallennetaan ja MicroSCADA-serveri on syytä tässä vaiheessa ajaa alas ja käynnistää uudelleen. Kyseinen toimenpide suoritetaan kuvassa (kuva 5) näkyvästä Control Panel -ikonista.

## 5.2 SPA-pisteiden luominen

Aseman määrittämisen jälkeen täytyy luoda osoitteelliset SPA-pisteet eli laatia signaalilista, jotta käytönvalvontajärjestelmä pystyy lukemaan haluttuja tietoja releeltä ja lähettämään sille käskyjä. Kyseinen toimenpide suoritetaan myös System Configuration Tool -työkalun kautta.

Signaalien määrittäminen tapahtuu valitsemalla aktiiviseksi haluttu asema, minkä jälkeen avataan ylälaidassa olevasta työkalupalkista Tools ja tämän jälkeen Signal Engineering -lehti. Valinnan jälkeen avautuu ikkuna, jossa on kyseiselle asemalle määritetyt SPA-pisteet omine tietoineen. Kuvassa (kuva 9) on esitetty esimerkkinä katkaisijan tilatiedon määritykset. Vasemmalla näkyy varmistuksena valitun aseman numero, jonka alle SPA-pisteitä luodaan.



KUVA 9. SPA-pisteiden lisääminen järjestelmään

REF543-releessä katkaisijan tilatiedon välitys ja ohjaus tapahtuvat toimilohkon COCB1 kautta. Jokaiselle toiminnolle tulee järjestelmään erikseen määrittää toimintoa vastaava SPA-koodi, jotta esimerkiksi lukeminen ja käskyn kirjoittaminen kohdistuvat releessä oikeaan toimilohkoon. REF543-releettä koskevat SPA-koodit jokaiselle parametrille ovat saatavilla sähköisessä muodossa ABB:n julkaisemasta dokumentista. (ABB Oy, 2005)

Uuden SPA-pisteen lisääminen tapahtuu painamalla Add pistelistan oikeasta alalaidasta, jolloin järjestelmä kysyy lisättävän signaalin ominaisuutta. Valittavat vaihtoehdot ovat indikointi, analogiset ja digitaaliset sisä- ja ulostulot sekä käsky. Katkaisijaesimerkissä tilatiedolle valitaan pisteen ominaisuudeksi Indication ja ohjauskäskyille Object Command.

Taulukossa (taulukko 1) on esitetty esimerkkinä COCB1 toimilohkon SPA-koodit, joilla saadaan luettaa katkaisijan tilatieto sekä suoritettua katkaisijan kiinni ja auki ohjauskäskyt.

TAULUKKO 1. Katkaisijan tilatietoa ja ohjausta vastaavat SPA-koodit (ABB Oy, 2005, s. 108)

Toimilohko: COCB1					
Parameter	Code	Menu	Value Range	Access	Explanation
Object State	120V1	Input Data	0..3 [0=Undefined(00); 1=Close(01); 2=Open(10); 3=Undefined(11)]	Read	2-bit value of the object state
Open Select	120V6	Control Setting	0..1 [0=0; 1=Open select]	Write	Open operation selection of the secured control
Close Select	120V7	Control Setting	0..1 [0=0; 1=Close select]	Write	Close operation selection of the secured control
Cancel	120V10	Control Setting	0..1 [0=0; 1=Cancel]	Write	Cancel of the secured command
Execute	120V11	Control Setting	0..1 [0=0; 1=Execute]	Write	Execute of the secured command

SPA-koodi muodostuu toimilohkon numerosta (channel), datan tyypistä (esimerkiksi V = variables tai I = input) sekä parametrin yksilöllisestä numerosta (data nr) (Laikola, 2010, s. 24). Katkaisijan tilatietona, kuten myös muiden kytkinlaitteiden signaalityyppinä käytetään nelikriteeritietoa Double Indication (DB). Tiloja vastaavat arvot on esitetty taulukon (taulukko 1) ensimmäisessä sarakkeessa. Event conversion -kohdalla (kuva 9) määritetään, kuinka käytönvalvontajärjestelmä tulkitsee saadun tilatiedon.

Katkaisijaesimerkin tavoin myös kaikki muutkin prosessiin liittyvät objektit listataan koodeineen järjestelmään, kuten muun muassa vaunuerottimen, maadoitususerottimen ja linjaerottimien asentotiedot ja ohjauskäskyt, jännitteiden, virtojen ja tehojen mittaukset sekä tieto releen ollessa kauko- tai paikalliskäytössä.

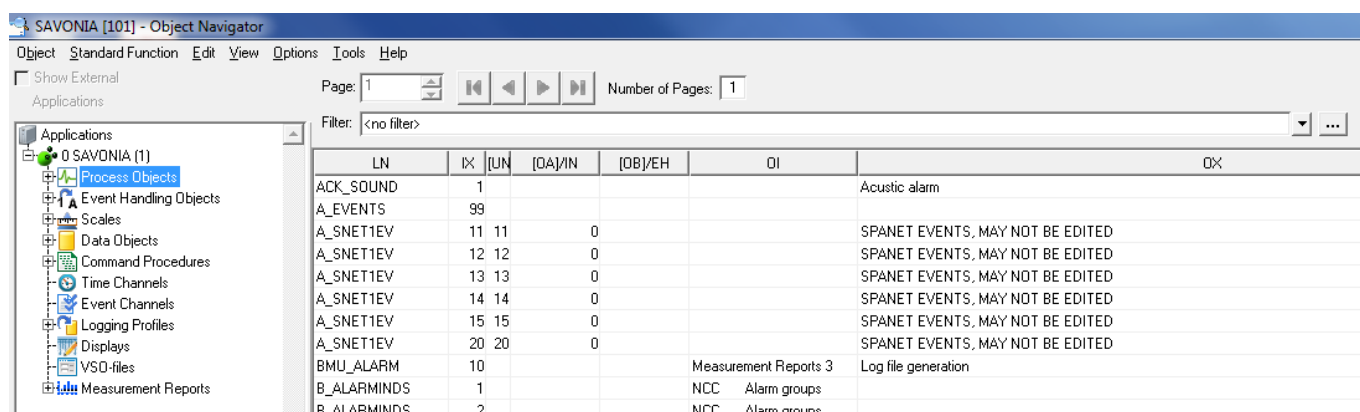
SPA-pisteiden lisäyksessä objektille määritetään myös osoite, jotta järjestelmä osaa kyseisen aseman alta lukea oikeasta osoitteesta esimerkiksi tila- ja mittaustiedon tai lähettää ohjaamiseen liittyvän käskyn. SPA-pisteiden osoitteet tulee olla jokaisella yksilölliset, ja voi olla mitä vain väliltä 0 - 65535. (ABB Oy, 2014, s. 55)

Kun tarvittavat SPA-signaalit on määritetty, luodaan järjestelmään signaaleja vastaavat prosessipisteet. SPA-pisteet tallennetaan painamalla kuvan (KUVA 9) vasemmasta yläkulmasta Configuration-painiketta ja tämän jälkeen Update. Seuraavaksi poistutaan SPA -pisteluetelo-ikkunasta ja tallenne-

taan muutokset vielä System Configuration Tool -näköymästä samasta Configuration valikon takaa Save Active valintaa painamalla. Mikäli ohjelma pyytää uudelleenkäynnistystä, lopetetaan ja palaute-taan MicroSCADA-palvelu Control Panelista aiemmin kerrotulla tavalla.

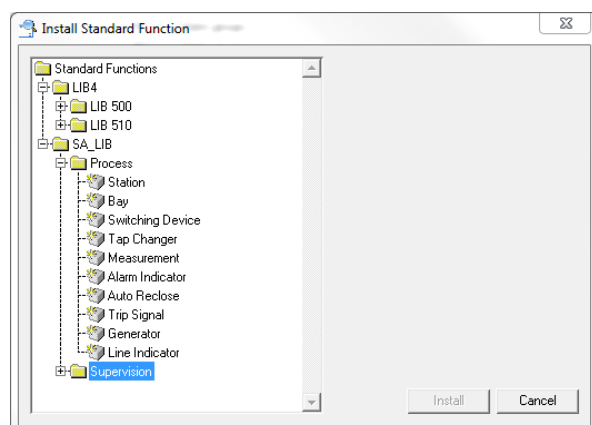
### 5.3 Prosessipisteiden määrittäminen

Tiedonsiirtoverkkojen konfiguroinnin jälkeen järjestelmään asennetaan prosessiin liittyvien objektien prosessipisteet. Prosessipisteiden hallinnoimiseen käytetään Object Navigator -työkalua, joka sijaitsee System Configuration Toolin tavoin Engineer Tools -työkaluissa. Kuvakkeen painamisen jälkeen avautuu kuvassa (kuva 10) esitetty ikkuna.



KUVA 10. Ote prosessipisteiden tietokannasta

Valitsemalla Process Objects avautuu lista, jossa näkyy kaikki systeemiin määritetyt prosessipisteet. Uusien prosessipisteiden luominen tapahtuu valitsemalla kuvasta (KUVA 10) nähtävästä, ylälaidasta olevasta työkalupalkista Standard Function, jonka jälkeen painamalla Install avautuu kuvan (kuva 11) mukainen ikkuna, jossa on erityyppisiä standardikirjastoja prosessipisteiden luomisen avuksi.



KUVA 11. Prosessiin liittyvien objektien asentaminen

Kirjastojen kautta asennetaan muun muassa kytkinlaitteita, mittauksia sekä hälytyksiä koskevat prosessipisteet. Tässä työssä käytettiin kirjaston SA\_LIB avulla luotuja prosessikohteita. Valitsemalla haluttu prosessikohde painetaan jälleen Install, jolloin määritellään lisättävän prosessikohteen ominaisuuksia.

SAHKOLAB\_K01\_Q0 - Standard Function

Attributes | Programs | Tools

STATION\_NAME  
SAHKOLAB

BAY\_NAME  
K01

DEVICE\_NAME  
Q0

LIB\_OBJECT\_TYPE  
REF615\_DNP30.DAT

P\_OBJECT\_LN  
SAHKOLAB\_K01\_Q0

SWITCHING\_DEVICE\_TYPE  
Circuit breaker

SWITCHING\_DEVICE\_PURPOSE  
Circuit breaker

SWITCH\_SECTION

STATION\_TYPE  
SPA

DEFINE\_ITEM\_NAME

OPC\_ITEM\_PREFIX

OPC\_LN\_INSTANCES  
0

INDICATION\_TYPE  
Double indication (DB)

MOTORIZED

INTERLOCKING\_BYPASS

SYNCHROCHECK\_BYPASS

CONTROL\_TYPE  
Secured cmd with 4 B0s

OK  
Cancel  
Apply  
Help...

from Product:  
SYS 600

KUVA 12. Esimerkki katkaisijan ominaisuuksien määrittelystä

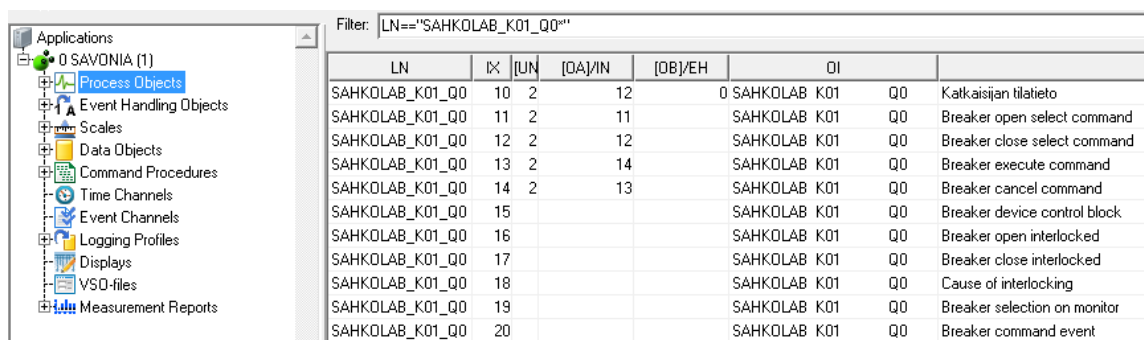
Kuvassa (kuva 12) on esitetty esimerkkinä katkaisijan konfiguraatiosta järjestelmään. Tässä toimenpiteessä prosessikohde yksilöidään järjestelmään niin, että se vastaa toiminnollisuudeltaan ja nimityksiltään valvottavan kohteen objektia. Aseman ja lähdön nimeksi määritetään sijainnin perusteella halutut nimet, tässä tapauksessa esimerkkinä asemaksi "SAHKOLAB" ja lähdeksi "K01". Itse katkaisijan nimeksi annetaan Q0. P\_OBJECT\_LN kohtaan määritetään prosessikohteen looginen nimi, joka tulee olla jokaisella prosessikohteella yksilöllinen.

Yleensä laitteen tyyppi ja käyttötarkoitus ovat tässä vaiheessa esivalittuna oikein, koska haluttu prosessikohde valittiin aiemmin standardikirjastojen listalta. Mikäli kyseessä olisi katkaisijan sijaan erotin, tulee SWITCHING\_DEVICE\_PURPOSE kohdalla valita disconnecter. Listaa jatkamalla alaspäin määritetään STATION\_TYPE alle releen ja MicroSCADAn välillä käytettävä tiedonsiirtoprotokolla, joka on aiemmin todettu SPA-väylä. Katkaisijan ohjauksessa vastaavasti käytetään nelikriteeritietoa, jolloin INDICATION\_TYPE alle määritetään tiedoksi double indication. MOTORIZED-kohdalla valitaan laitteen olevan kauko-ohjattu ja CONTROL\_TYPE:llä määritetään, että laitteen ohjaus suoritetaan suojatulla komennolla, joka sisältää valitun määrän binääriulostuloja.

Prosessikohteen ominaisuuksien määrittämisen jälkeen on suotavaa tallettaa asetukset painamalla Apply, jonka jälkeen siirrytään ylälaidassa nähtävään Tools välilehteen (kuva 12). Tools välilehden

kautta luodaan prosessikohdetta koskevat prosessipisteet, jotka järjestelmä määrittää valmiiksi edellä tehtyjen valintojen ja syötetyn loogisen nimen perusteella. Toolsin alla New-välilehteen on listattu prosessipisteet, jotka ovat kokonaan uusia eikä niitä tällöin löydy vielä MicroSCADan tietokannasta. Pisteiden lisäämisen tietokantaan voi joko suorittaa yksittäin, eli valitsemalla vain haluttujen prosessipisteiden lisäys tai suorittamalla Create All -komento, jolloin kaikki uudet pisteet lisätään tietokantaan. Lisätyt prosessipisteet poistuvat lisäämisen jälkeen New välilehdestä ja siirtyvät Existing-välilehteen.

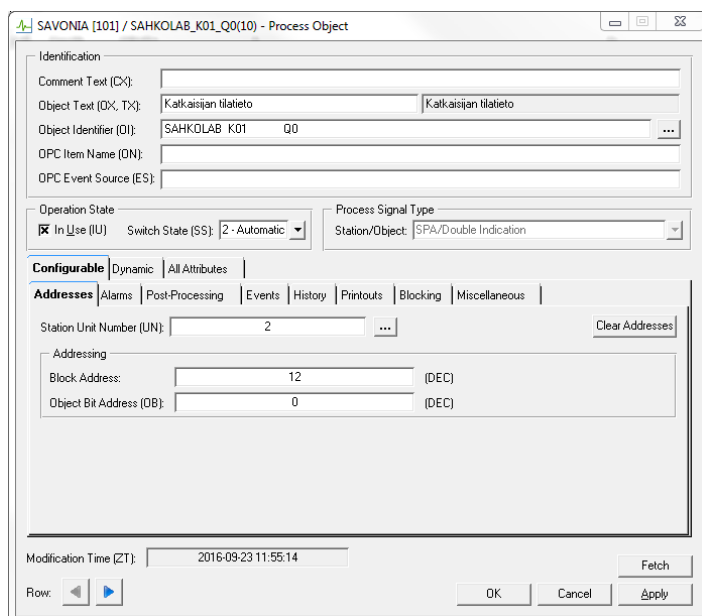
Kun jokainen prosessikohde on pisteineen määritetty järjestelmään, siirrytään konfiguroimaan jokaista prosessipistettä niin, että valvottavasta kohteesta saatavat tiedot siirtyvät käytönvalvontajärjestelmään ja päinvastoin. Luotujen prosessipisteiden hakeminen on helpointa etsimällä niitä loogisilla nimillä järjestelmästä syöttämällä filter-kenttään esimerkiksi LN=="SAHKOLAB\_K01\_Q0\*", jolloin listalla (kuva 13) on ainoastaan katkaisijaa koskevat prosessipisteet.



LN	IX	UN	[OA]/IN	[OB]/EH	OI	
SAHKOLAB_K01_Q0	10	2	12	0	SAHKOLAB K01 Q0	Katkaisijan tilatieto
SAHKOLAB_K01_Q0	11	2	11		SAHKOLAB K01 Q0	Breaker open select command
SAHKOLAB_K01_Q0	12	2	12		SAHKOLAB K01 Q0	Breaker close select command
SAHKOLAB_K01_Q0	13	2	14		SAHKOLAB K01 Q0	Breaker execute command
SAHKOLAB_K01_Q0	14	2	13		SAHKOLAB K01 Q0	Breaker cancel command
SAHKOLAB_K01_Q0	15				SAHKOLAB K01 Q0	Breaker device control block
SAHKOLAB_K01_Q0	16				SAHKOLAB K01 Q0	Breaker open interlocked
SAHKOLAB_K01_Q0	17				SAHKOLAB K01 Q0	Breaker close interlocked
SAHKOLAB_K01_Q0	18				SAHKOLAB K01 Q0	Cause of interlocking
SAHKOLAB_K01_Q0	19				SAHKOLAB K01 Q0	Breaker selection on monitor
SAHKOLAB_K01_Q0	20				SAHKOLAB K01 Q0	Breaker command event

KUVA 13. Katkaisijaa koskevat prosessipisteet

Prosessipisteiden konfiguroiminen käsin tapahtuu tuplaklikkaamalla muokattavaa prosessipistettä. Kuvassa (kuva 14) on esitetty katkaisijan tilatietoa koskeva konfiguraatio-ikkuna.



SAVONIA [101] / SAHKOLAB\_K01\_Q0(10) - Process Object

Identification

Comment Text (CX):

Object Text (OX, TX): Katkaisijan tilatieto

Object Identifier (OI): SAHKOLAB K01 Q0

OPC Item Name (ONI):

OPC Event Source (ES):

Operation State

In Use (IU) Switch State (SS): 2 - Automatic

Process Signal Type

Station/Object: SPA/D Double Indication

Configurable

Addresses

Station Unit Number (UN): 2

Addressing

Block Address: 12 (DEC)

Object Bit Address (OB): 0 (DEC)

Modification Time (ZT): 2016-09-23 11:55:14

Fetch

Row:

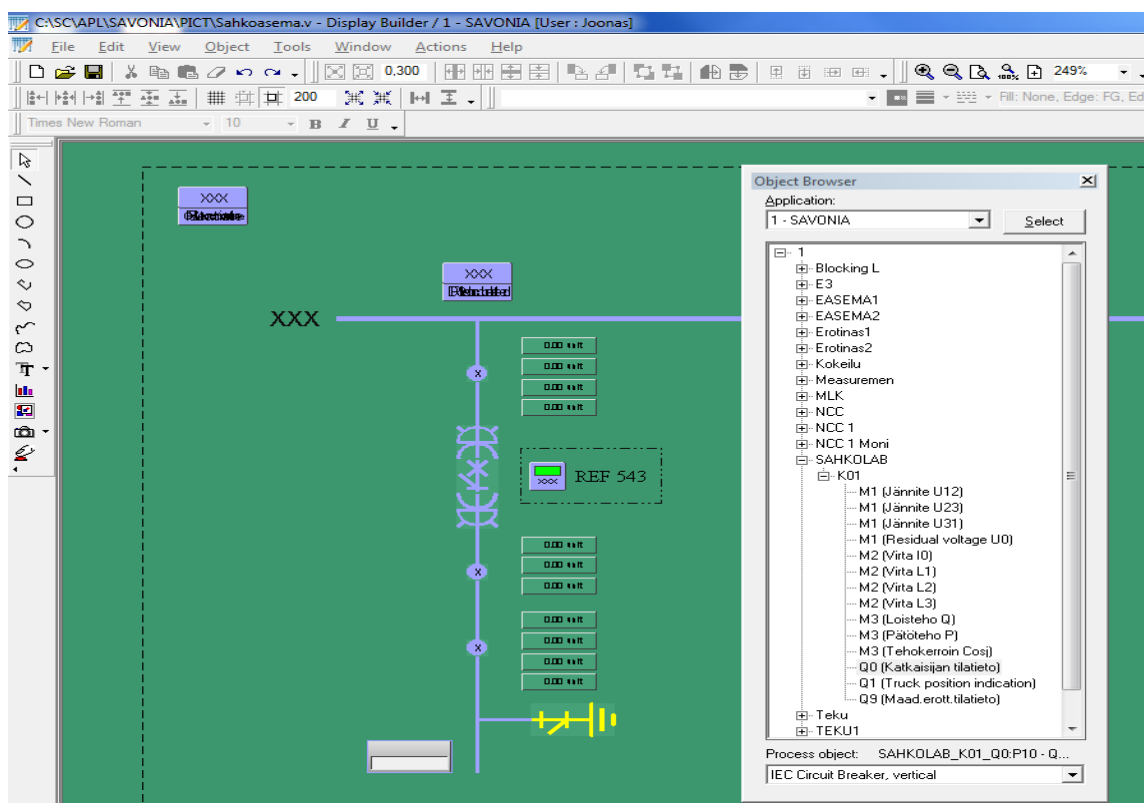
OK Cancel Apply

KUVA 14. Katkaisijan tilatiedon konfiguroiminen

Prosessipisteiden konfiguraatiossa tärkeintä on määrittää osoitteet, jotta niiden tulo- ja lähtösignaalit kohdistuvat oikeisiin yksiköihin. Station Unit Number (UN) on looginen numero, joka määrittää yksikön, jossa prosessikohteen signaalit kirjataan. Vastaavasti Block Address määrittää signaalin osoitteen UN-yksikössä. Tässä katkaisijan tilatieto esimerkissä UN-yksikön numeroksi syötetään aiemmin määritetty aseman numero, joka on 2 ja prosessisignaaliksi osoite, joka on määritetty SPA-pisteiden luonnissa katkaisijan tilatiedolle. Osoitteet tulee määrittää vastaavalla tavalla jokaiselle prosessiin liittyvälle prosessipisteelle, kuten esimerkiksi muiden laitteiden tilatiedoille, ohjaukskäsyyille sekä mitauksille. Kuvassa (kuva 15) näkyvä Switch State (SS) tulee olla automaattitoiminnossa, jotta prosessipiste päivittyy hallittavan prosessin mukaan. Muita vaihtoehtoja ovat Off ja Manual, joista ensimmäisessä prosessipiste on poissa käytössä ja manuaaltilassa prosessikohdetta on mahdollista simuloida.

#### 5.4 Valvomokuvien tuottaminen

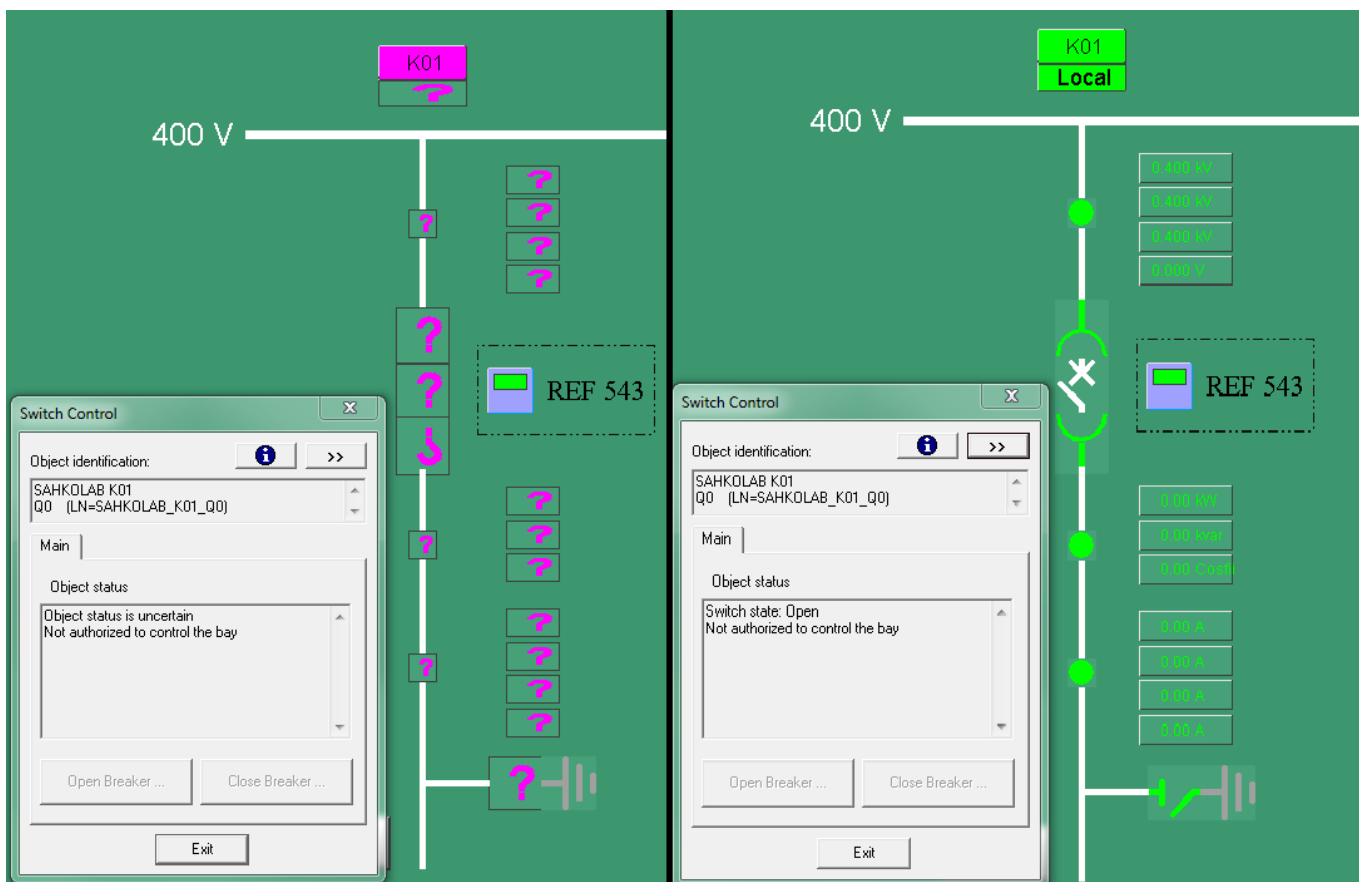
Kun tarvittavat prosessipisteet on osoitteineen onnistuneesti syötetty järjestelmään, voidaan niiden pohjalta piirtää valvomokuvia hallittavasta prosessista. Valvomokuvien muokkaamiseen käytetään Display Builderia, joka avataan kuvan (kuva 5) esittämästä sijainnista. Mikäli Display Builder avataan tietyn valvottavan kohteen ollessa aktiivisena MicroSCADA Monitor Pro ikkunassa, avaa muokkaustyökalu piirtokentän juuri kyseisestä kohteesta. Mikäli valvomokuvaa ei ole valmiiksi avattu, muokkaustyökalu avautuu ”tyhjänä”, jolloin muokattava valvomokuva täytyy hakea kansioista, johon se on tallennettu, tai vaihtoehtoisesti voidaan aloittaa kokonaan uuden valvomokuvan piirto. Kuvassa (kuva 15) on esitetty kokonaisuudessaan K01-johtolähtöä kuvaava valvomopiirros kuvien muokkaustyökalulla avattuna.



KUVA 15. Valvomokuvien tuottaminen Display Builder -työkalulla

Muokkausohjelmassa on lukuisia työkaluja sekä toimintoja, joiden laaja esittely tässä opinnäytetyössä on hankalaa. Tähän osioon on kerrottu tiivistetysti periaatteet, joiden avulla valvomokuvien tuottaminen tapahtuu.

Uutta valvomokuvaa luotaessa käytössä on varsin laaja vihreä piirtokenttä, jossa on Bounding Box-niminen katkoviivasuorakaide. Suorakaiteen avulla rajataan alue, joka halutaan näkymään valvomossa. Symbolien lisäämisessä käytetään Object Browser -työkalua, joka on yhteydessä aiemmin esitettyyn prosessipiste tietokantaan. Object Browser saadaan avattua Display Builder -työkalupalkissa olevasta Actions-kohdasta. Applikaation valitsemisen jälkeen listalle ilmestyy kaikki järjestelmään syötetyt asemat niille annettujen nimien perusteella. Esimerkkinä valitsemalla aiemmin syötetty "SAHKOLAB"-asema, avautuu sen alaisuudessa toimivat ja aiemmin määritetyt prosessikohde. Yksinkertaisuudessaan piirtäminen tapahtuu painamalla aktiiviseksi kuvaan lisättävä prosessikohde ja valitsemalla Object Browser -ikkunan alalaidasta halutun standardisarjan mukainen piirrosmerkki. Symbolien lisäämisessä voidaan käyttää drag & drop-periaatetta raahaamalla symboli valikosta katkoviiva-alueen sisäpuolelle. Symbolin ominaisuuksista voidaan muun muassa määrittää kokokertoimet, väritykset eri tilanteissa sekä yhteys muihin symboleihin. Tarvittavien muokkaustoi-  
mien jälkeen kuva voidaan tallentaa haluttuun paikkaan ja avata Monitor Pro -näkyssä (kuva 16).



KUVA 16. K01 johtolähtö valvomonäkyssä

Kuvassa nähdään valmis K01 johtolähdön valvonta monitorilla SPA-protokollaa käyttäen. Oikealla puolella on vertailun vuoksi vedos, kun rele on kytkettynä pois eikä tällöin tietoa saada välitettyä valvomolle. Esimerkiksi lähdön kauko-/paikalliskytkimen epävarmasta tilatiedosta järjestelmä ei anna



ohjata katkaisijaa vaan ilmoittaa siitä tekstillä "not authorized to control the bay". Aiemmin esitetyn ongelman "not authorized to control the station" ilmoituksen syynä oli simuloitu aseman kauko-/paikalliskytkimen konfiguraation puuttuminen järjestelmästä, minkä seurauksena aiemmin tuotetuissa valvomokuvissa koko aseman ohjaus ei onnistunut. Varma syy tietojen katoamiseen jäi epäselväksi, mutta MicroSCADAn päivityksen yhteydessä on saattanut tapahtua jotain, minkä takia kytkimen prosessipisteet olivat vioittuneet. Ongelma ratkesi poistamalla kaikki kyseisen kytkimen prosessipisteet ja asentamalla ne uudelleen.

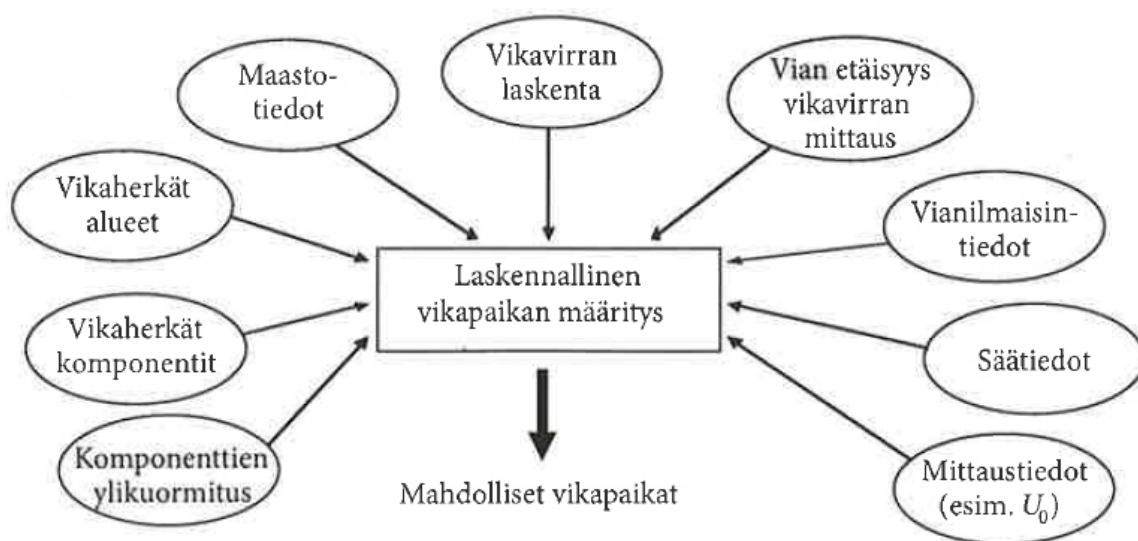
Oikealla (kuva 16) kuvassa nähdään toimiva vedos releen ollessa kytkettynä. Vihreä väri indikoi kaiken olevan kunnossa ja symbolia painamalla nähdään tarkempia tietoja objektista. Katkaisijan aukitai kiinniohjaaminen ei kyseisessä tilanteessa onnistu, sillä rele on asetettu paikalliskäyttöön, josta lähdön kytkin ilmoittaa tekstillä local ja open/close breaker -painikkeet ovat poissa käytöstä.

## 6 VIANPAIKANNUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön rajaukseen kuului myös vianpaikannuksen toteuttaminen käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmällä. Tavoitteena on saada aikaan, että kun keinoverkkoon synnytetään 3-vaiheisia oikosulkuja eri pisteisiin, rele suorittaa katkaisijan laukaisun ja lähettää vikaan liittyvät tiedot käytönvalvontajärjestelmään. Tästä edelleen KVJ kokoaa vikatiedot ja lähettää vikapaketin käytöntukijärjestelmälle, joka vertaa saatuja tietoja omiin verkkotietoihinsa ja näyttää graafisesti kartalla vian sijainnin. Toteutuksessa ei käytetä jälleenkytkentöjä. Myöskään työssä ei käsitellä oikosulkuvikoja teoreettisesti ilmiönä sen syvällisemmin eikä esitettyjä kaavoja johdeta.

### 6.1 Laskennallisen vianpaikannuksen periaatteet

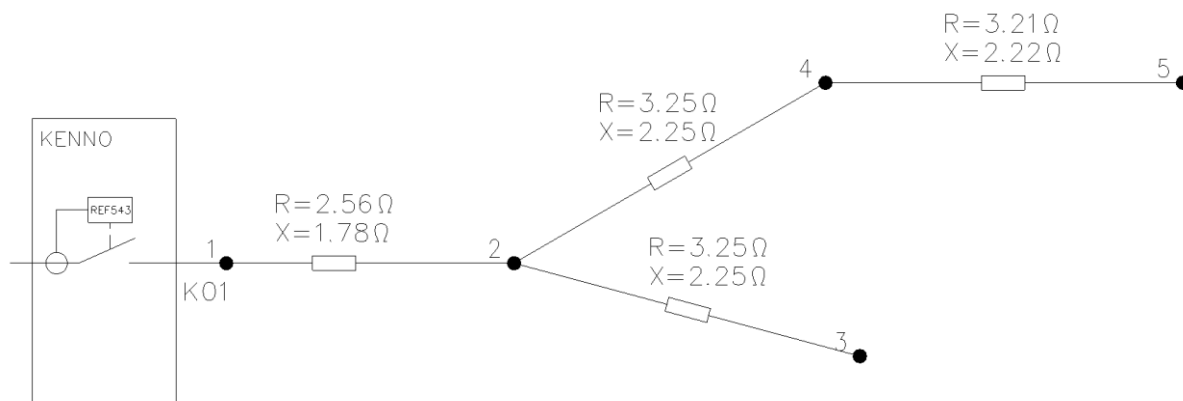
Oikosulkuvian paikannukseen tarvittavia tietoja ovat muun muassa suojarleiden mittaamat vikavirrat, verkon mallinnus sekä mallinnukseen pohjautuvat sähkötekniset laskennat. Toisin sanoen KTJ laskee oikosulkuvirran verkon jokaiselle solmupisteelle ja vertaa arvoja releestä saatuihin todellisiin oikosulkuvirta-arvoihin. Verkon mallinnuksessa paikka, jossa laskettu ja todellinen oikosulkuvirran arvot täsmäävät, on todennäköisesti vian sijaintipaikka. Muita hyödynnettäviä tietolähteitä vianpaikannukseen on esitetty kuvassa (kuva 17). (Lakervi & Partanen, 2012, s. 241)



KUVA 17. Laskennallinen vikapaikan määrittäminen (Lakervi & Partanen, 2012, s. 242)

## 6.2 Keinoverkon sähköinen kuvaus ja 3-vaiheinen oikosulkuvirta

Aiemmin esille tuodun keinoverkon (kuva 3) sähköinen kuvaus on esitetty kuvassa (kuva 18). Keinoverkosta tiedetään, että 3-vaiheinen oikosulkuvirta heti K01 lähdön päässä pisteessä 1 on noin 50A.



KUVA 18. Keinoverkon sähköinen kuvaus

Tiedetyn oikosulkuvirran perusteella syöttävän verkon impedanssi lasketaan kaavalla

$$\bar{Z}_Q = \frac{\bar{E}}{\sqrt{3} * \bar{I}_{k3}} = \frac{400 V}{\sqrt{3} * 50 A \angle -45^\circ} \approx 4,62 \Omega \angle 45^\circ \quad (1)$$

Pisteiden välillä olevista johtovakioista johdon impedanssi saadaan laskettua kaavalla

$$\bar{Z}_J = R + jX \quad (2)$$

Sijoittamalla kaava ((2) 3-vaiheisen oikosulkuvirran laskukaavaan, saadaan laskettua oikosulkuvirrat keinoverkon eri pisteissä

$$\bar{I}_{k3} = \frac{\frac{\bar{E}}{\sqrt{3}}}{\bar{Z}_Q + \sum \bar{Z}_J} = \frac{\frac{\bar{E}}{\sqrt{3}}}{\bar{Z}_Q + \sum (R + jX)} \quad (3)$$

Kaavoilla laskettuna, pisteiden 3-vaiheiset oikosulkuvirrat on listattu alle.

$$\text{Piste 2.} \approx 30,0 A \angle -41^\circ$$

$$\text{Piste 3. ja 4.} \approx 19,8 A \angle -39^\circ$$

$$\text{Piste 5.} \approx 14,9 A \angle -38^\circ$$

Pisteiden 3-vaiheiset oikosulkuvirrat esitetään, jotta niiden arvoja voidaan verrata myöhemmin DMS600-käyttötukijärjestelmän puolelle saatuihin vikavirta-arvoihin.

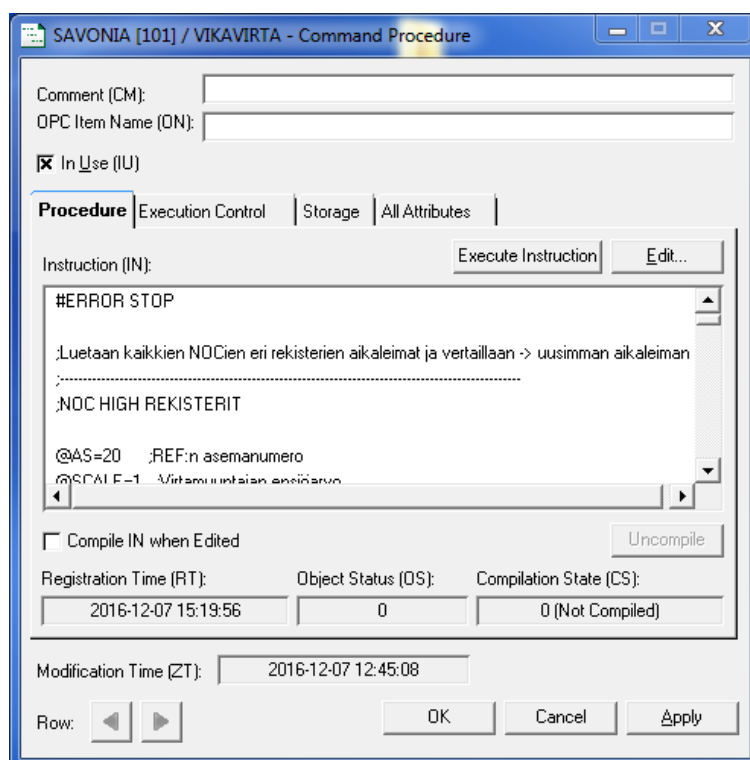
### 6.3 Vikatiedot REF543-kennoterminaalissa

Yleisesti uusimissa suojaareissa on toimilohkoja, joiden avulla jo rele pystyy sisäisesti laskemaan ja määrittelemään vian tyypin sekä paikan. Tarkastelussa REF543-releen versiossa ei kuitenkaan kyseistä toimilohkoa ole, joten vianpaikannukseen täytyy käyttää suojausfunktiosta saatuja tietoja. Kennon saadessa syöttönsä erilliseltä jakokeskukselta, jossa on nimellisvirraltaan 16A kokoiset sulakkeet, täytyy katkaisijan ohjaamisessa käyttää riittävän nopeaa suojausfunktiota. Testauksissa täten käytetään NOC3HIGH 3I>> ylivirtasuojasta, jonka asettelu-arvoiksi määritetään pienimmät mahdolliset arvot. Keinoverkon mittamuuntajan nimellisvirran ollessa 20 A lähdöllä K01, suojausfunktion havahtumisvirtana käytetään  $0,1 * I_n = 0,1 * 20 A = 2 A$ . Vastaavasti aika-asetteluksi määritellään 0,05 sekuntia toimintamoodina vakioaika, jolloin rele toimii asettelu-ajan mukaisesti riippumatta vikavirran suuruudesta.

Edellä mainittu suojausfunktio tallentaa vikaan liittyvät tiedot, kuten vaiheiden keski- ja maksimivikavirta-arvot sekä tarkat aikaleimat kolmeen eri muistirekisteriin. Näin ollen vikatietojen saaminen käytöntukijärjestelmään täytyy hoitaa lukemalla rekistereihin tallennetut tiedot, vertailemalla niitä keskenään ja poimia vikapakettia varten viimeisimmäksi päivittyneen rekisterin vikavirta-arvo.

### 6.4 Vikapaketin laatiminen käytönvalvontajärjestelmään

Vikatietojen lukeminen releeltä tapahtuu suorittamalla yleisimmin SCIL-kielillä ohjelmoitu komentoproseduuri, joka aktivoituu, kun katkaisija avautuu vian seurauksena. Komentoproseduurien määrittäminen järjestelmään tapahtuu myös Object Navigatorin kautta valitsemalla aktiiviseksi Command Procedures ja painamalla tämän jälkeen Object ja New. Tätä työtä koskeva komentoproseduuri "VIKAVIRTA" nähdään kuvassa (kuva 19).

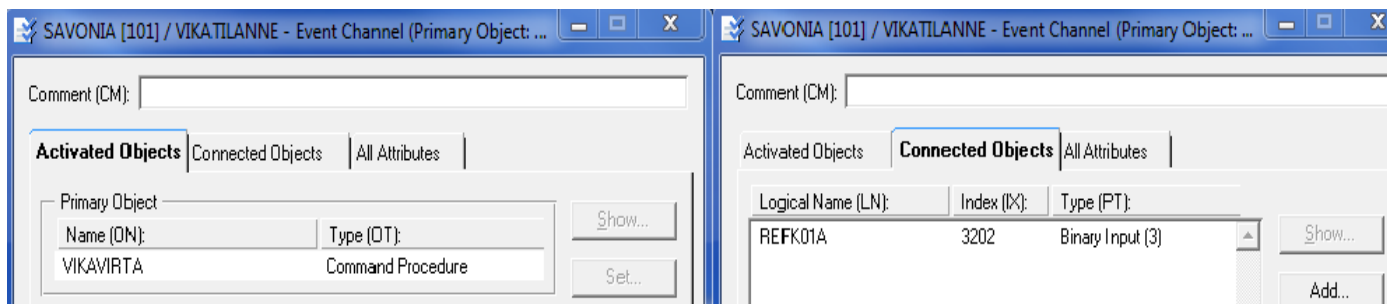


KUVA 19. Vikatietojen luentaa varten luotu komentoproseduuri

Muokkaustoiminnolla komentoproseduriin kirjoitetaan joko suoraan tai tuodaan tekstitiedostona haluttua toiminnallisuutta vastaavat ohjelmoidut funktiot. Edellä mainittu komentoproseduri on tarkoitettu pelkästään SPA-protokollalle ja se on muokattu tälle työlle sopivaksi ABB:n puolelta projektipäällikkö Vesa Lidmanin toimesta.

Proseduuri käy läpi siihen määritellyn asemanumeron pohjalta releen NOC-suojausfunktioiden rekistereiden aikaleimat SPA-koodien avulla, tallentaen tämän jälkeen jokaisen muistirekisterin aikaleimat vektoreihin. Seuraavaksi proseduri vertaa järjestelmän kelloa ja rekistereiden aikaa toisiinsa päätellen viimeisimmäksi päivittyneen rekisterin. Proseduri jatkaa lukemalla rekisterin vikavirta-arvoja ja ottamalla seuraavaksi vektoriin ylös suurimman vikavirta-arvon, joka siirretään proseduurin lopussa vikavirta-arvoa ylläpitävään prosessipisteeseen, joka on tähän työhön määritetty loogiselta nimeltään REF\_K01\_VV ja indeksiltään 10 (kuva 21).

Jotta edellä esitelty komentoproseduri aktivoituu halutulla hetkellä, järjestelmään täytyy luoda tapahtumakanava. Uusi tapahtumakanava tehdään samaan tapaan kuin aiemmin esitetty komentoproseduri, erona vain valitsemalla valikosta Event Channels. Kuvassa (kuva 20) on esitetty tapahtumakanava "VIKATILANNE", johon on linkitetty Activated Objects kohtaan aiemmin esitetty komentoproseduri ja vastaavasti Connected Objects kohtaan 3I>> ylivirtalaukaisun TRIP-signaali, joka on indeksiltään 3202. Suojausfunktioiden lähettämistä signaaleista vikatilanteessa on kerrottu lisää alempana.



KUVA 20. Komentoproseduurin aktivoiva tapahtumakanava

MicroSCADAn tietokannasta löytyi valmiiksi eri suojausfunktioiden vikaan havahtumiseen ja laukaisuun liittyvät prosessipisteet, jotka on määritelty järjestelmään releen liittämisen yhteydessä. Eri suojausfunktioita koskevat prosessipisteet on esitetty kuvassa (kuva 21).

LN	IX	[UN]	[OA]/IN	[OB]/EH	OI	OX
REFK01	10000				Teku K01 REF	Link to Relay Setting Tool
REFK01A	53				Teku K01 REF	Responds
REFK01A	3102				Teku K01 REF	TRIP signal from 3I> stage
REFK01A	3104				Teku K01 REF	CBFP signal from 3I> stage
REFK01A	3200				Teku K01 REF	START signal from 3I>> stage
REFK01A	3202				Teku K01 REF	TRIP signal from 3I>> stage
REFK01A	3204				Teku K01 REF	CBFP signal from 3I>> stage
REFK01A	3302				Teku K01 REF	TRIP signal from 3I>>> stage
REFK01A	3304				Teku K01 REF	CBFP signal from 3I>>> stage
REFK01A	4002				Teku K01 REF	TRIP signal from Io> ->
REFK01A	4004				Teku K01 REF	CBFP signal from Io> ->
REFK01A	4102				Teku K01 REF	TRIP signal from Io>> ->
REFK01A	4104				Teku K01 REF	CBFP signal from Io>> ->
REFK01A	8006				Teku K01 REF	DEF.TRIP alarm
REF_K01_VV	10				TEKU K01 REF	Vikavirta-arvo kerätään tähän

KUVA 21. Suojausfunktioiden prosessipisteet

Kyseisistä prosessipisteistä tässä tapauksessa siis riittää, kun otetaan käyttöön 3I>> TRIP-signaali, johon liitetään VIKATILANNE-tapahtumakanava (kuva 22). Kuvassa (kuva 22) vasemmalla nähtävillä valinnoilla saadaan aikaan, että kun TRIP-signaalin tila vaihtuu Reset-tilasta Activated-tilaan eli NOC3HIGH 3I>> suorittaa katkaisijan auki ohjaamisen, aktivoidaan tällöin välittömästi VIKATILANNE-tapahtumakanava ja vikavirta-arvon luetaan tarkoitettu VIKAVIRTA-komentoproseduuri. Oikealla kuvassa nähdään viimeisin TRIP-signaalin tila ja rekisteröity aika, kun tila on muuttunut.

Operation State:  In Use (IU) Switch State (SS): 2 - Automatic

Process Signal Type: Station/Object: SPA/Single Indication

**Configurable** | Dynamic | All Attributes

Addresses | Alarms | Post-Processing | **Events** | History | Printouts | Blocking | Miscellaneous

Event Channel

Action Enabled (AE)

Action Name (AN): VIKATILANNE ... Show...

Action Activation (AA): 1 - New Value

Action at First Update (AF)

Action on History Values (AH)

Event Object Enabled (EE)

Operation State:  In Use (IU) Switch State (SS): 2 - Automatic

Process Signal Type: Station/Object: SPA/Single Indication

**Dynamic** | All Attributes

**Object State** | Alarm | Counters

Object Value

Value (BI)	Time (RT.RM)	Status (OS)	State (SX)	Topological State (TS)
In RAM: 0	2016-12-07 15:19:49.622	0	Reset	2
On Disk: 0				

Communication

Blocked (BL): No	Reserved A (RA): 0
Substituted (SB): No	Reserved B (RB): 0

KUVA 22. TRIP 3I>>-signaalin prosessipiste

Havainnollisuuden vuoksi kuvasta (kuva 23) nähdään MicroSCADAn Notification-ikkuna, kun komentoproseduuri on aktivoitunut ja vikavirta-arvo on päivittynyt vikavirtaa ylläpitävään prosessipisteeseen. Toimintojen väliset rekisteröidyt ajat vastaavat toisiaan hyvinkin tarkkaan. Vikavirran päivittyminen prosessipisteeseen tapahtuu hieman jäljessä.

Source	Application	Category	Message
SYS600 Notify		LOG	SYS600 Log Service connected
Application	1		<200:2016-12-07/14.36;07.061:
Application	1		16-12-07 14:36:07
Application	1		<u>16-12-07 15:19:49</u>
Application	1		16-12-07 11:23:04
Application	1		11-11-16 23:01:48
Application	1		11-11-09 09:12:41
Application	1		11-11-09 09:14:10
Application	1		<u>viimeisimmäksi päivittynyt rekisteri on 2</u>
Application	1		<u>viimeisimpänä päivittyneen NOC3 HIGH,</u>
Application	1		15
Application	1		20
Application	1		0.89/0.89/0.89/
Application	1		5
Application	1		eriteltyt virrat L1 = 0.89
Application	1		eriteltyt virrat L2 = 0.89
Application	1		eriteltyt virrat L3 = 0.89
Application	1		<u>0.890000 A</u>

Identification

Comment Text (CX):

Object Text (OX, TX): Vikavirta-arvo kerätään tähän Vikavirta-arvo kerätään tähän

Object Identifier (OI): TEKU K01 REF

OPC Item Name (ON):

OPC Event Source (ES):

Operation State

In Use (IU) Switch State (SS): 2 - Automatic Process Signal Type

Station/Object: SPA/Analog Value

Configurable **Dynamic** All Attributes

**Object State** Value History Alarm

Object Value

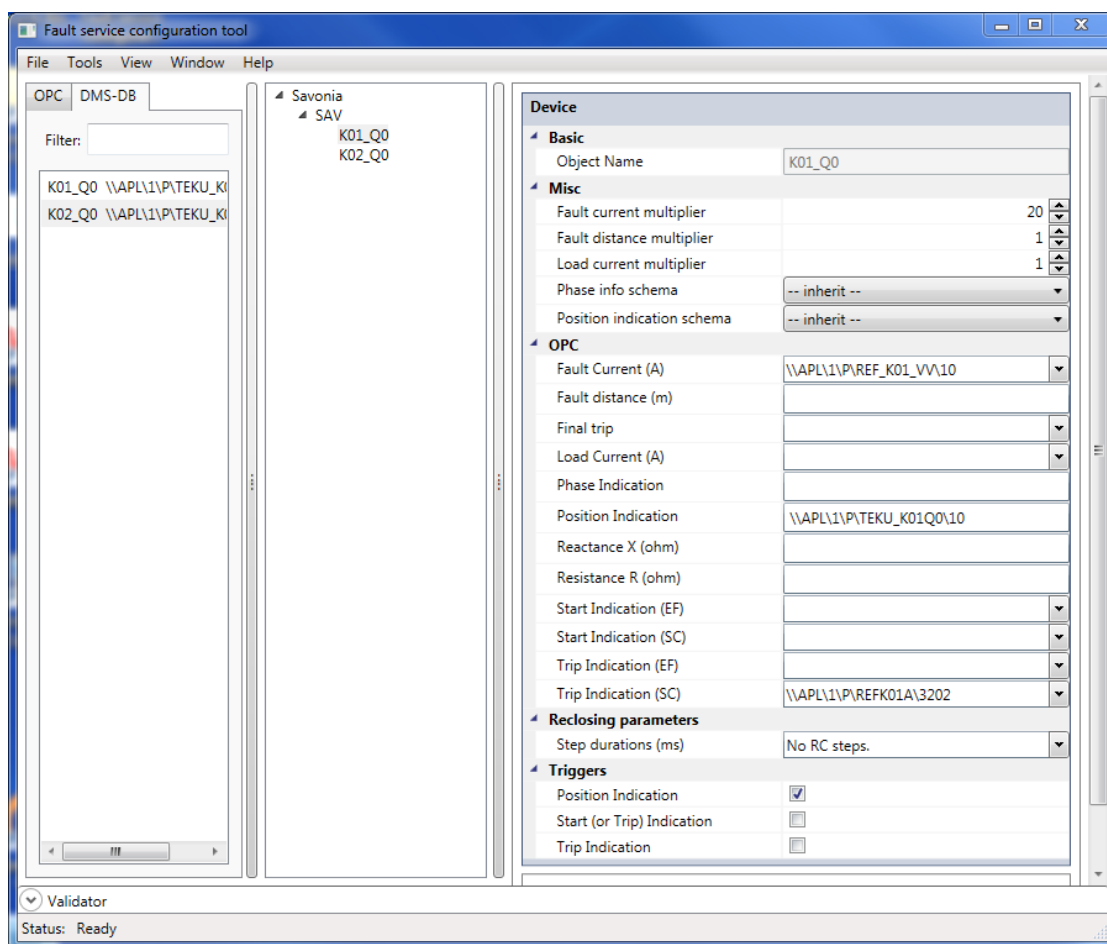
	Value (AI):	Time (RT, RM):	Status (OS):	State (SX):
In RAM:	0.89	2016-12-07 15:19:56.207	0	Normal
On Disk:	0.00			

KUVA 23. MicroSCADAn tapahtumaloki ja REF\_K01\_VV-vikavirtapiste

## 6.5 Vikapaketin siirtäminen käytöntukijärjestelmään

Seuraavaksi esitellään ohjelmistot ja periaatteet, kuinka aiemmin käsitellyt vikatiedot siirretään DMS600-käytöntukijärjestelmään. Vikatietojen siirtoon käytetään DMS Fault Service -komponenttia eli niin sanottua vikaroottoria, jonka asentamisen ja konfiguroinnin etäyhteydellä suoritti ABB:sta projekti-insinööri Kai Kinnunen.

Lyhykäisyydessään vikaroottori lukee MicroSCADAn OPC-palvelimen prosessipisteistä vikatiedot, muodostaa näistä vikapaketin ja lähettää tiedot DMS:n käyttöön. Fault Service –komponentin konfiguroiminen suoritetaan Fault Service Configuration Tool –työkalulla, jonka avulla linkitetään MicroSCADAn tietokannasta vikapaketeissa tarvittavat prosessipisteet jokaiselle prosessiin kuuluvalla katkaisijalle. Kuvassa (kuva 24) nähdään K01-lähdöllä olevan katkaisijan alaisuuteen lisätyt vikaprosessipisteet. (Kinnunen, 2016)



KUVA 24. Vikaroottorin konfiguraatio

Kuvassa näkyvä konfiguraatio on rakenteeltaan hierarkkinen, eli se koostuu alueesta (Savonia), asemasta (SAV) ja aseman alaisuudesta olevasta katkaisijasta (K01\_Q0). Alueen ja aseman konfiguraatiota ei tässä työssä tarkastella ja katkaisijaakin vain merkittävimmiltä osin.



Yleisesti vikaroottorilla linkataan katkaisijan alle sen tilatieto, vaihevirtamittaus, vikavirtamittaukset, vaihetieto, vikaimpedanssit, oikosulku- ja maasulkuvikojen trippipisteet sekä jälleenkytkentöjen kuolleet ajat. Tässä tapauksessa katsotaan riittäväksi liittää katkaisijan tilatieto, 3I>> TRIP-piste sekä vikavirta-arvo prosessipisteestä REF\_K01\_VV. Asettamalla Fault current multiplier 20:een (K01 lähdön mittamuuntajan nimellisvirta) saadaan vikavirtapisteen suhteellinen oikosulkuvirta-arvo muutettua reaaliarvoksi. Trigger-valinnoilla määritellään ne pistetyypit, joiden muuttuessa aletaan tarkastelemaan muita ehtoja lopullisen vikapaketin lähettämistä varten. Toisin sanoen mikäli katkaisija avautuu ja myös 3I>> TRIP-piste päivittyy, on kyseessä vikatilanne, jolloin vikaroottori lähettää vikavirta-arvon DMS:ään avaten samalla sen käyttöliittymään vikojen hallinta-ikkunan. (Kinnunen, 2016)

## 6.6 DMS600:n sovellukset lyhyesti ja verkkotietojen syöttö

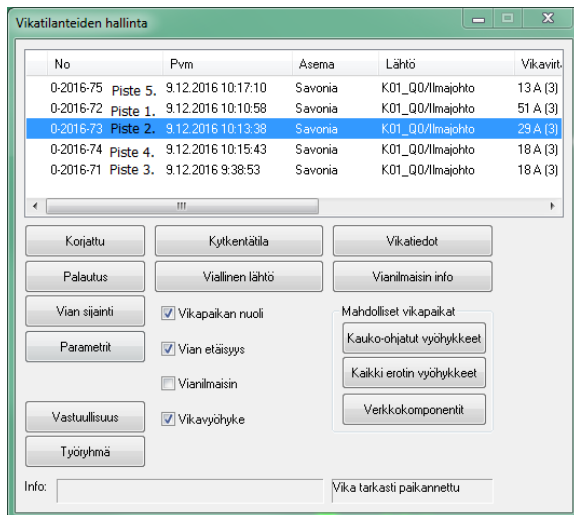
DMS600:lla on kaksi ohjelmistoa, joista toinen on verkkotietojärjestelmä DMS600NE (Network Editor) ja toinen varsinainen käytöntukijärjestelmä eli DMS600WS (Workstation). Näistä ensimmäinen pitää sisällään sähkötekniset tiedot sähköverkoista ja jälkimmäinen on suunniteltu verkkojen reaaliaikaiseen tarkkailuun.

Laboratorion keinoverkosta oli valmiiksi mallinnettu DMS600NE:lle vastaavanlainen kuvitteellinen verkko, joka sijaitsee Virtojen maantieteellisellä karttapohjalla. Liitteessä (liite 1: verkkomalli käytöntukijärjestelmässä) on esitetty kyseinen verkko avattuna DMS600NE:lla. Valkoinen väri johtimissa indikoi verkon olevan jännitteetön ja siniset pallot linjaerottimien olevan kiinni-tilassa. Verkossa on kaksi jakelumuuntaja pistettä M3 ja M5, joihin vikatilanteet voidaan synnyttää. Kolme muuta vikapistettä sijaitsevat lähellä sähköasemaa, hieman ennen erotin E1:sta sekä puolessa välissä E2:sen ja M5:en välillä.

Jotta 3-vaiheiset oikosulut näkyivät kyseisellä verkossa ”oikein”, täytyi verkon verkkotietoja hieman räätälöidä oikosulkuvirta-arvoille sopiviksi DMS600NE:n tietokantaan, josta ne ovat myös DMS600WS:n käytössä. Laboratorion verkkomallin nimellisjännitteen ollessa 400 V täytyi verkkotiedoissa käyttää nimellisjännitteenä 4 kV, sillä ohjelmisto on suunniteltu kyseiselle ja sitä suuremmille jännitetasoille. Muita muokattavia tietoja oli syöttävän verkon impedanssi ja solmuvälien johtotiedot, joihin syötettiin kuvan (kuva 18) mukaiset resistanssi- ja reaktanssiarvot kymmenkertaisena. Lopuksi johtopituuksia muuttamalla saatiin oikosulkuvirrat sovitettua sopiviksi eri verkon osiin.

## 6.7 Vikatilanteiden hallinta

Uuden vian tullessa vikaroottori siis avaa automaattisesti DMS600WS käyttöliittymään vikatilanteiden hallinta-ikkunan. Kuvassa (kuva 25) näkyy jokaiselle pisteelle tehdyt 3-vaiheiset oikosulut. Vikavirtojen arvot vastaavat likimain samaa, kuin aiemmin laskennallisesti saadut arvot.

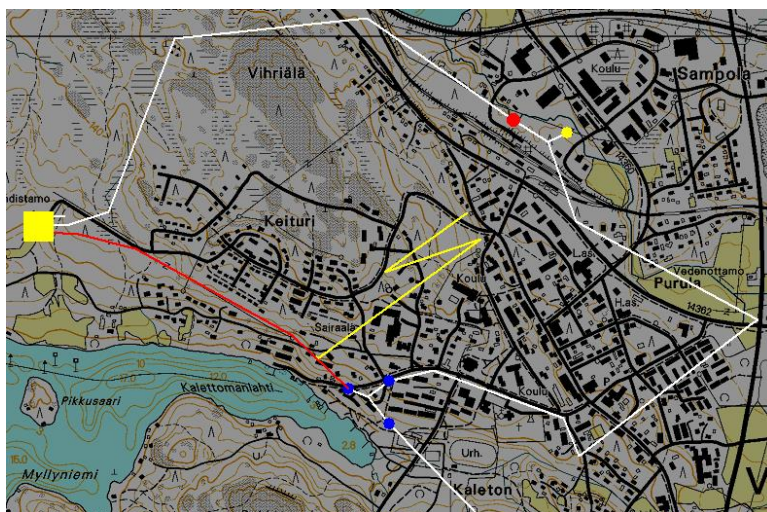


No	Pvm	Asema	Lähtö	Vikavirt.
0-2016-75	Piste 5, 9.12.2016 10:17:10	Savonia	K01_Q0/Ilmajohito	13 A (3)
0-2016-72	Piste 1, 9.12.2016 10:10:58	Savonia	K01_Q0/Ilmajohito	51 A (3)
0-2016-73	Piste 2, 9.12.2016 10:13:38	Savonia	K01_Q0/Ilmajohito	29 A (3)
0-2016-74	Piste 4, 9.12.2016 10:15:43	Savonia	K01_Q0/Ilmajohito	18 A (3)
0-2016-71	Piste 3, 9.12.2016 9:38:53	Savonia	K01_Q0/Ilmajohito	18 A (3)

Buttons: Korjattu, Kytkeäntäällä, Vikatiedot, Palautus, Viallinen lähtö, Vianilmaisinfo, Vian sijainti, Vikapaikan nuoli, Mahdolliset vikapaikat, Parametrit, Vian etäisyys, Kauko-ohjatut vyöhykkeet, Vastuullisuus, Vianilmaisinfo, Verkkokomponentit, Työryhmä, Vikavirtäily, Vika tarkasti paikannettu

KUVA 25. Rekisteröidyt vikatilanteet

Kyseinen ikkuna pitää siis yllä listan aktiivisista vioista. Uuden vikapaketin tullessa listaan syntyy uusi rivi omana merkintään ja aikaleimanaan. Mikäli järjestelmä pystyy paikantamaan vian onnistuneesti releeltä tuodusta vikavirta-arvosta, alapuolella oleva Info-kenttä pitäisi tavallisesti olla tyhjänä ja olla ilmoitus vian olleen tarkasti paikannettu. Tilanteissa, missä verkko haarautuu jossakin pisteessä, järjestelmä ilmoittaa, ettei vikaa ole tarkasti pystytty paikantamaan, sillä mahdollisia vikapaikkoja on kaksi. Tällöin käyttäjän tulee itse ja järjestelmän avulla päätellä mahdollinen vikapaikka ohjaamalla verkossa olevia erottimia ja kokeilla käyttää katkaisijaa kiinni, jotta sähkönjakelu saataisiin palautettu verkon terveille osille. Kuvassa (KUVA 26) on esitetty onnistunut vianpaikantaminen pisteessä 2 sekä liitteessä (liite 2: vian paikannukset eri pisteissä) muiden pisteiden vian paikannukset.

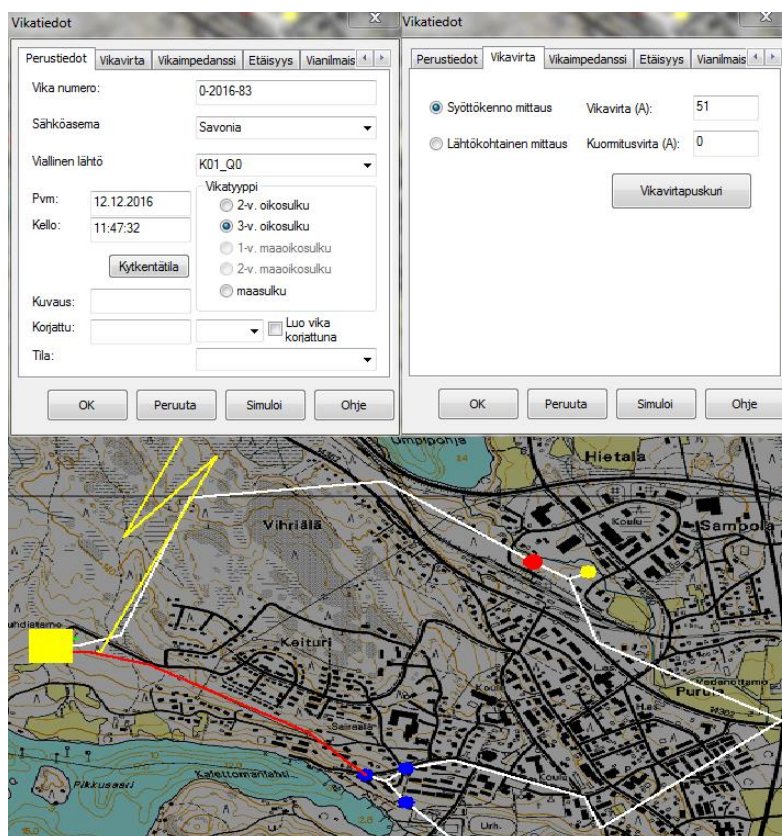


KUVA 26. Vian paikantaminen pisteessä 2

Vikatilanteiden hallinta -dialogi pyrkii siis antamaan käyttäjälle mahdollisimman paljon tietoja aktiivisesta viasta ja auttamaan jännitteen palauttamisessa terveille johto-osuuksille omilla päättelytoiminnoillaan. Vianhoidon aloittamisessa käyttäjän tulee aluksi vastuullisuus-painikkeella määrittää, mikä työasema on ottanut vian käsittelyynsä. Korjattu-painiketta käytetään, kun vika on oikeasti korjattu ja sähköjako on saatu palautettua kaikille asiakkaille. Vika siirtyy tällöin menneiden vikojen arkistoihin ja jättää leiman vianhoitajasta. Palautus-painikkeella käytetään järjestelmän päättelytoimintoja, jossa hyödynnetään automaattisia sekvenssejä vian erottamiseksi ja sähköjakelun palauttamiseksi. Automaattiset sekvenssien luonnissa käytetään kauko-ohjattavia erottimia, jotka tulee määrittellä kauko-ohjattuihin erotinvyöhykkeisiin. Vian sijainti -dialogilla voidaan tallettaa esiintyneen vian tarkka paikka ja muut tiedot vikaan liittyen myöhempää käyttöä varten. KytKentätilanäppäimellä saadaan näkymään reaaliaikainen verkon kytKentätila ja vastaavasti Viallinen lähtö painikkeella järjestelmä näyttää koko verkon kytKentätilan juuri ennen vikaa.

## 6.8 Vianpaikannuksessa huomatuut puutteet ja kehitysideat

Vian paikannuksessa ja DMS600:n päättelytoiminnoissa huomattiin muutamia puutteita, joita olisi syytä tutkia tarkemmin. Yhtenä puutteena oli 3-vaiheisen oikosulkuvirran paikannus pisteessä 1, vaikka verkkotiedot oli syötetty järjestelmään kyseisille virroille sopiviksi. Järjestelmä ei siis automaattisesti paikantanut vikaa kyseisessä pisteessä muutoin kuin luomalla niin sanotun demovian verkkoon. Uusi demovika luodaan valitsemalla DMS600WS:n käyttöliittymästä Keskeytys ja uusi Kj-vika. Vikaa luodessa valitaan sähköasema, viallinen lähtö, vikatyyppi sekä vikavirran arvo. Kuvassa (kuva 27) nähdään edellä mainitut asetukset ja onnistunut paikannus pisteessä 1 demovikaa hyväksi käyttäen.



KUVA 27. Demovian määrittäminen ja vika pisteessä 1

Toinen puute liittyi järjestelmän päättelytoimintoihin, mikä ilmeni vikatilanteiden hallinta -ikkunassa olevan Palautus-painikkeen toimimattomuudella. Palautus-painike toimi ainoastaan vian ollessa pisteessä 2, jolloin järjestelmä ehdotti painikkeen painamisen jälkeen katkaisijan K01\_Q0 sulkemista, joka palauttaisi vikaa edeltävän verkon. Tämän jälkeen painamalla "suorita" järjestelmä avasi MicroSCADA:ssakin nähtävän katkaisijan ohjaus-dialogin. Palautus-painike ei esimerkiksi toiminut, kun vika oli pisteessä 5, jolloin järjestelmän tulisi ehdottaa erottimen 2 avaamista ja tämän jälkeen katkaisijan sulkemista.

Myös verkkotietojen syöttämisessä DMS600NE-sovelluksella voitaisiin verkkoa mallintaa vielä tarkemmin esimerkiksi muuttamalla syöttävän verkon impedanssia ja johtopituuksia niin, että vikavirtojen arvot olisivat mahdollisimman oikein. Esimerkiksi vian ollessa pisteessä 3 salama näkyy hieman liikaa erotinasema 1:llä päin eikä aivan muuntamon 3 luona. Vian paikannuksen 3-vaiheisilla oikosuluilla toteutettuina katsottiin kuitenkin tältä erää olevan riittävä.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin ABB:n valmistamaa MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmää ja DMS600-käytöntukijärjestelmää. Työssä tutkittiin järjestelmien rakennetta ja sitä, kuinka koulun laboratorion verkkomalli liitetään edellä mainittuun MicroSCADAan ja millä menetelmillä 3-vaiheiset oikosulkuvat verkkomallissa saadaan paikannettua DMS600-käytöntukijärjestelmällä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin tiivistetysti sähköasemilla käytettäviä suojareletyyppejä, tiedonsiirtotasoja sekä verkon hallintaa käytettäviä järjestelmiä. Teoriaosuudella pyrittiin johdattelemaan eri komponenttien ja niiden luomien kokonaisuuksien merkitystä kyseisille järjestelmille.

Työn käytännön osuudessa tutkittiin ja rakennettiin hierarkkisesti MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmään toinen verkkomallin lähdöistä, jossa ohjaavana yksikkönä on ABB:n valmistama REF543-kennotermiinaali ja käytettävänä tiedonsiirtoprotokollana SPA-protokolla. Johtolähdön liittämisen työvaiheet aina tiedonsiirtoverkkojen konfiguroimisesta valvomossa nähtävään käyttöliittymään asti pyrittiin esittämään raporttiin riittävän johdonmukaisesti ja seikkaperäisesti. Työosuudessa otettiin myös käyttöön toimiva 3-vaiheisten oikosulkuvikojen paikannus yhdessä ABB:n kanssa.

Työssä ei alkuperäisten suunnitelmien mukaan käsitelty releen liittämistä MicroSCADAan, sillä kojeistojen päivittäminen kahteen kennoon oli opinnäytetyötä tehdessä vielä kesken eikä tällöin koululle saatu vielä käyttöön toiselle lähdölle REF543:n kaltaista nykyaikaisempaa johdonsuojarelettä. Asetettuihin tavoitteisiin kuitenkin päästiin, sillä raporttia lukemalla koulun henkilökunta ja oppilaat pystyvät konfiguroimaan MicroSCADAn tietokantaa, riippumatta siitä mitä protokollaa MicroSCADAn ja uuden releen välillä käytetään.

Myös vianpaikannuksen toteutus katsottiin tältä erää riittäväksi, jotta sitä voidaan käyttää opetustilanteissa. Vianpaikannuksessa huomatuksi korjausideat on kirjattu opinnäytetyöraporttiin, ja niiden laajempi tarkastelu ja kehittäminen voidaan suorittaa jatkoa ajatellen joko projektityönä tai opinnäytetyönä.

Henkilökohtaisesti opinnäytetyö oli varsin opettavainen ja haastava, koska käytetyistä järjestelmistä ei ollut lainkaan aiempaa kokemusta. Jo pelkästään MicroSCADAn lukuisat eri toiminnot ja työkalut vaativat paljon aikaa ja opettelua. Järjestelmää koskevat moniosaiset manuaalit olivat pitkiä ja niiden soveltaminen käytännön toteutuksessa oli työlästä. Työn lopussa kuitenkin ehdittiin toteuttaa vianpaikannus yhdessä ABB:n asiantuntijoiden kanssa.

## LÄHTEET

- ABB Oy. (6. 1999). Tuoteopas - Kennoterminaali REF541, REF543, REF545. (Versio D/25.10.2010). Vaasa, Suomi. Haettu 15. 11. 2016 osoitteesta  
[https://library.e.abb.com/public/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/REF54\\_tob\\_755512\\_FId.pdf](https://library.e.abb.com/public/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/REF54_tob_755512_FId.pdf)
- ABB Oy. (22. 8. 2000). Käyttöohje ja tekninen selostus - SPA-ZC 17 Väyläliityntämoduuli. (Versio A). Vaasa, Suomi. Haettu 16. 11. 2016 osoitteesta  
[https://library.e.abb.com/public/4675b63a384d8396c2256afd005513f3/SPA-ZC17\\_FI\\_A.pdf](https://library.e.abb.com/public/4675b63a384d8396c2256afd005513f3/SPA-ZC17_FI_A.pdf)
- ABB Oy. (7. 2000). Teknisiä tietoja ja taulukoita. *Luku 15. Sähkönjakeluverkon automaatio*. Haettu 11. 1 2016 osoitteesta  
[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15\\_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf)
- ABB Oy. (8. 6. 2005). Parameter List for REF 541 and REF 543. (4.61). Haettu 11. 10 2016 osoitteesta  
[https://library.e.abb.com/public/c2a730862a4ca8cbc2257036003e1594/REF541\\_543ParlistENd.pdf](https://library.e.abb.com/public/c2a730862a4ca8cbc2257036003e1594/REF541_543ParlistENd.pdf)
- ABB Oy. (16. 5. 2014). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - Connecting LONWORKS Devices. (A/16.5.2014). Vaasa. Haettu 24. 11 2016 osoitteesta  
[https://library.e.abb.com/public/7d04c1ccaabd290ac1257d0e0037e824/SYS600\\_Connecting%20LONWORKS%20Devices\\_758092\\_ENa.pdf](https://library.e.abb.com/public/7d04c1ccaabd290ac1257d0e0037e824/SYS600_Connecting%20LONWORKS%20Devices_758092_ENa.pdf)
- ABB Oy. (8. 6. 2015a). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - Application Design. Vaasa.
- ABB Oy. (8. 6. 2015b). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - Installation and Administration Manual. Vaasa.
- ABB Oy. (8. 6. 2015c). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - Operation Manual. Vaasa.
- ABB Oy. (8. 6. 2015d). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - Process Display Design. Vaasa.
- ABB Oy. (8. 6. 2015e). MicroSCADA Pro SYS600 9.4 - System Configuration. Vaasa.
- Kinnunen, K. (2016). Fault Service ja Fault Service Configuration Tool - MicroSCADA Pro DMS600. Haettu 8. 12 2016
- Kinnunen, K. (2016). Vianhallinta - ABB MicroSCADA Pro DMS600. Haettu 8. 12 2016
- Laikola, R. (2010). *Yhteinäistetty vikatiedon keruu suojarileiltä käytöntukijärjestelmään*. Opinnäytetyö, Vaasan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikka, Vaasa. Haettu 1. 11. 2016 osoitteesta  
<https://publications.theseus.fi/handle/10024/12874>
- Lakervi, E.;& Partanen, J. (2012). *Sähkönjakelutekniikka* (3. painos p.). Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press/Otatiето.
- Mörsky, J. (1992). *Relesuojaustekniikka*. Espoo: Otatiето Oy.
- Stark, R. (2014). *Suojareleen liittäminen MICROSCADA-järjestelmään*. Opinnäytetyö, Lapin Ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikka, Kemi. Haettu 24. 11. 2016 osoitteesta <https://publications.theseus.fi/handle/10024/75105>
- Vaara, J. (2011). *Muuntamoliitynnän toteutus kaivoksen sähköverkon valvontajärjestelmään*. Opinnäytetyö, Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu, Sähkövoimatekniikka. Haettu 24. 11. 2016 osoitteesta  
<https://publications.theseus.fi/handle/10024/29589>
- Vedenjuoksu, T. (04. 1. 2016). ABB Oy Medium Voltage Products. *Sähkönjakelujärjestelmien relesuojaus - Suojareleet*. Espoo.
- Väänänen, J. (2016). *MicroSCADAan liitettävä laitteisto*. Savonia-ammattikorkeakoulu, Kuopio.

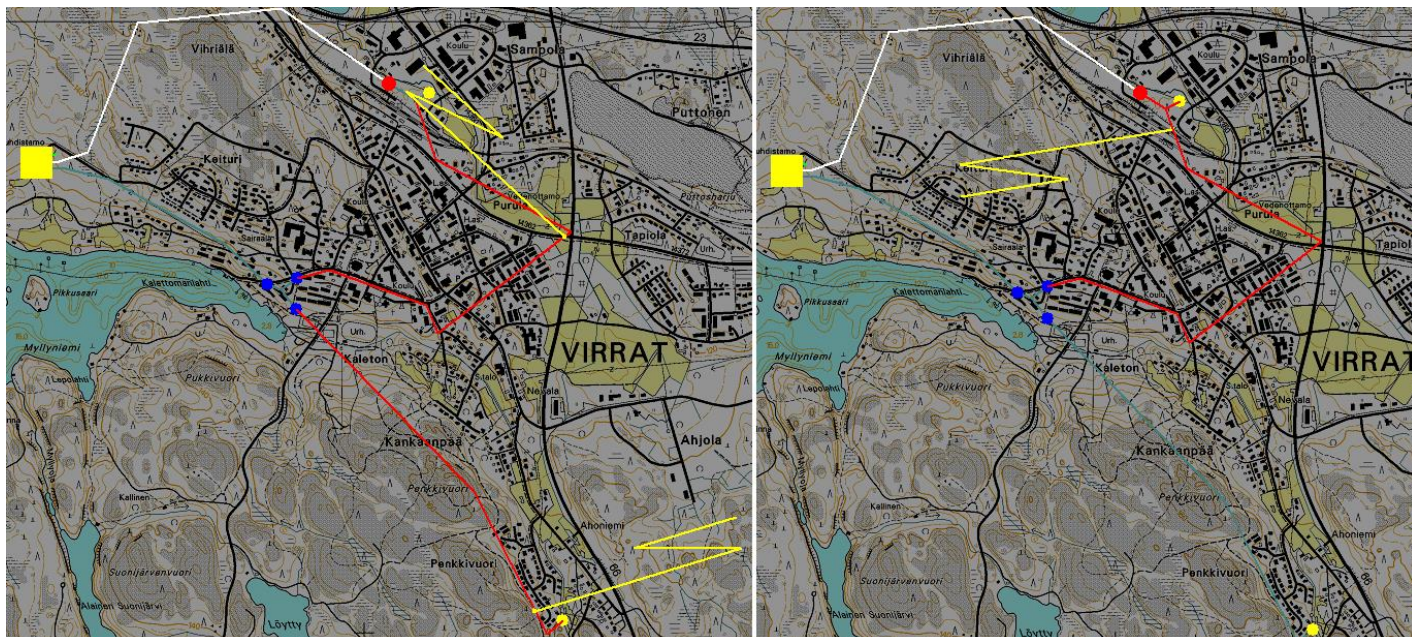






## LIITE 2: VIAN PAIKANNUKSET ERI PISTEISSÄ

Vika pisteissä 4. (oikealla) ja 5. (vasemmalla)



Vika pisteessä 5.

