

Timo Luttinen

SÄHKÖASEMAN KONFIGUROINTI KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄÄN

SÄHKÖASEMAN KONFIGUROINTI KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄÄN

Timo Luttinen
Opinnäytetyö
Syksy 2019
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: ins. (AMK) Timo Luttinen

Opinnäytetyön nimi: Sähköaseman konfigurointi käytönvalvontajärjestelmään

Työn ohjaaja: yliopettaja Heikki Kurki

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: syksy 2019

Sivumäärä: 26

Käytönvalvontajärjestelmällä mahdollistetaan sähköaseman kaukokäyttö. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ohjeistus sähköaseman konfiguroimiseksi käytönvalvontajärjestelmään. Ohjeistuksella yhdenmukaistetaan toimintatapoja sekä vähennetään muistinvaraista toimintaa.

Työn toimeksiantaja Wind Controller JV Oy on vuonna 2012 perustettu uusiutuvan energian alalla toimiva konsultointiyritys, joka tarjoaa muun muassa tuuli- ja aurinkovoimaloiden ja sähköasemien ympärivuorokautista valvontaa, ohjausta sekä kunnonvalvontaa. Wind Controller tekee myös edellä mainittujen kohteiden tarkastuksia sekä tarjoaa GWO-sertifioitua koulutusta tuulivoimalalla.

Toimeksiantaja käyttää sekä sähköasemien että erinäisten tuulipuistojen valvontaan ja ohjaukseen ABB:n MicroSCADA Pro SYS600 -käytönvalvontajärjestelmää. MicroSCADA Pro SYS600 on hyvin monipuolinen käytönvalvontajärjestelmä ja pitkän kehityksen tulos. Käytännössä tämä tarkoittaa myös sitä, että syvälliseen käyttöön tarvitaan erikoisosaamista. ABB toimittaa kattavasti dokumentaatiota MicroSCADA Pro SYS600 -toimituksen mukana, mutta koska käytännön työssä pyritään toimimaan tiettyjen reunaehtojen mukaan ja jotta työtä saadaan tehostettua, toimeksiantaja tarvitsi järjestelmän konfigurointiin yrityskohtaisen ohjeistuksen.

Opinnäytetyön tuloksena tehty ohjeistus oli onnistunut, ja on laatimisensa jälkeen toiminut sekä konfiguroinnin että käytön tukena. Lisäksi ohjeistuksen laadinnan yhteydessä konfiguroitiin, testattiin ja käyttöön otettiin sähköasema- ja tuulipuisto-ohjaus. Ohjeistus kehittyi jatkuvassa prosessissa toimeksiantajan käytössä. Se on tarkoitettu vain toimeksiantajan käyttöön, joten sitä ei ole liitetty julkaistavaan opinnäytetyöraporttiin.

Asiasanat: sähköasemat, konfigurointi, dokumentointi, käytönvalvontajärjestelmä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Electrical Engineering

Author: Timo Luttinen, B.Eng.

Title of thesis: Configuring Substation into SCADA System

Supervisor: principal lecturer Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: autumn 2019 Number of pages: 26

The commissioner of the thesis, Wind Controller JV Oy, founded in 2012, is specialized in providing technical consultancy and around-the-clock control center services for wind power, solar power and substations. It also provides GWO-certified training programs, condition monitoring services and certified inspections of various energy production assets.

The commissioner uses ABB's MicroSCADA Pro SYS600 -software to control substations and wind parks. MicroSCADA Pro SYS600 is a very flexible software with support for many different communication protocols. This leads to the requirement of special expertise on configuring the software to behave as needed. ABB does provide extensive documentation for the software, but a manual tailored to the commissioner's use cases was needed to establish certain standardized practices, to ensure the commissioner's business continuity and to ease the workload of personnel configuring the next substations into the SCADA.

The manual created for this thesis was found useful and it has already been in use for configuring and controlling new substations. Also, since the manual was created while configuring a new substation into commissioner's use, the substation as well as a wind park controller were implemented into commissioner's 24/7 supervision. Since the manual itself is company confidential, it has not been included as an appendix to this published thesis.

Keywords: substation, configuration, documentation

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| TERMIT JA MÄÄRITELMÄT | 6 |
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 1.1 Työn toimeksiantaja | 7 |
| 1.2 Tuulivoimalaitoksen kaukokäyttöä koskevat vaatimukset..... | 7 |
| 2 MICROSCADA PRO SYS600..... | 10 |
| 3 KONFIGUROINTIPROSESSI..... | 11 |
| 3.1 Lähtötiedot..... | 11 |
| 3.2 IEC 104 -protokollan määrittely | 12 |
| 3.3 Tietokannan rakentaminen | 14 |
| 3.3.1 Valmistoimintojen käyttö | 15 |
| 3.3.2 Kennon määrittely | 16 |
| 3.3.3 Katkaisijan konfigurointi | 17 |
| 3.3.4 Hälytysten luominen..... | 18 |
| 3.3.5 Mittauspisteiden konfigurointi..... | 19 |
| 3.3.6 Yksittäisten objektien parametointi..... | 19 |
| 3.4 Käyttöliittymän luominen..... | 20 |
| 3.5 Testaus | 22 |
| 4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 23 |
| 5 POHDINTA | 24 |
| LÄHTEET..... | 25 |

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

| | |
|------------------|--|
| asiakas(ohjelma) | "client", ohjelmisto, joka ottaa yhteyden palvelimeen ("server") ja käyttää palvelimen toimintoja |
| Fingrid | yritys, joka vastaa kantaverkon toimivuudesta |
| GWO | Global Wind Organization, kehittää standardeja turvallisuuskoulutukseen ja hätätilannetoimintaan tuulivoima-alalla |
| HMI | Human-Machine Interface, käyttöliittymä |
| kantaverkko | sähkönsiirron runkoverkko, johon suuret voimalaitokset ja tehtaot sekä alueelliset jakeluverkot on liitetty |
| master | master/slave-teknologian toinen osapuoli, joka ohjaa yhtä tai useampaa slave-kohdetta ja kykenee kommunikoimaan usean slaven kanssa yhtä-aikaa |
| palvelin | "server", ohjelmisto tai tietokone, joka tarjoaa palveluja muille ohjelmille (asiakas, "client") |
| RTU | Remote Terminal Unit, kaukokäytön ala-asema |
| slave | master/slave-teknologian toinen osapuoli, joka kommunikoi määritellylle masterilleen ja noudattaa masterin antamia käskyjä |
| SLD | Single Line Diagram, yksiviivaesitys |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol / Internet Protocol, tietoliikenneprotokolla |
| tuulivoimala | voimala, joka muuttaa tuulen liike-energian sähköksi |
| tuulipuisto | joukko tuulivoimaloita, jotka sijaitsevat samalla alueella |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition, valvomo-ohjelmisto |

1 JOHDANTO

1.1 Työn toimeksiantaja

Wind Controller JV Oy on perustettu vuonna 2012. Sen pääasiallisia toimintoja ovat jatkuvasti mienhitetty valvomo, tarkastus-, huolto-, kunnonvalvonta- ja käytönjohtopalvelut, GWO-koulutukset, tekninen hallinta sekä konsultointi. Valvomo toimii viidessä vuorossa, ja sen valvontakohteina on mm. tuuli- ja aurinkovoimaloita sekä sähköasemia. Valvomosta ohjataan edellä mainittuja kohteita parhaan mahdollisen tuotannon varmistamiseksi sekä koordinoidaan huoltoja. Kohteista kerätään tietoa analytiikan mahdollistamiseksi, ja sitä tarjotaan myös asiakkaalle tai esimerkiksi verkonhaltijalle tarpeen mukaan. (1.)

Lakisääteiset käytönjohtopalvelut ovat olennainen osa sähkötuotantolaitoksen ylläpitoa. Tarkastuspalveluihin kuuluu esimerkiksi tuulivoimalaitoksen takuunpäättymistarkastukset, sertifioidut henkilöstöntarkastukset ja lapatarkastukset. Kunnonvalvontaa varten Wind Controller JV Oy:llä on sertifioidut värähtelyanalysoijat. Yritys on GWO (Global Wind Organization) -sertifioitu kouluttamaan tuulivoimaloissa työskentelevän tai vierailevan henkilöstön toimimaan turvallisesti haasteellisissa olosuhteissa. Palvelukirjo on laaja, ja yritys pystyykin tarjoamaan tuuli- tai aurinkovoimalan omistajalle avaimet käteen -palvelun. (1.)

Wind Controller JV Oy:n valvottavat kohteet sijaitsevat pääosin Suomessa, Ruotsissa ja Virossa, mutta kohteita on myös Keski-Euroopassa – yhteensä seitsemässä eri valtiossa. Yrityksen käytönvalvonnan piiriin sisältyy vuonna 2019 energiakapasiteettia yli 550 GWh. Tuulivoimatuotanto Suomessa on kasvanut voimakkaasti edeltävän vuosikymmenen aikana. Vuonna 2018 tuulivoimalla tuotettiin sähköä 5,8 TWh, jolla katettiin Suomen sähkönkulutuksesta 6,7 prosenttia. (1; 2.)

1.2 Tuulivoimalaitoksen kaukokäyttöä koskevat vaatimukset

Suomen kantaverkon toimivuudesta vastaava Fingrid antaa velvoittavia määräyksiä tuotantolaitoksen liittämisestä kantaverkkoonsa. Fingrid jakaa dokumentissaan VJV 2018 ("Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset") voimalaitokset mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetason perusteella neljään eri tyyppiluokkaan (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Voimalaitosten tyyppiluokittelu mitoitusasteen ja liittymispisteen jännitetason perusteella (3, s. 9)

| Tyyppi-luokka | Liittymispisteen jännitetaso | Ehto | Voimalaitoksen mitoitusaste P_{max} |
|---------------|--|---------|---|
| Tyyppi A | Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV ¹ | ja (*) | Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 0,8 kW mutta alle 1 MW. (0,8 kW ≤ P_{max} < 1 MW) |
| Tyyppi B | Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV ¹ | ja (*) | Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 1 MW mutta alle 10 MW. (1 MW ≤ P_{max} < 10 MW) |
| Tyyppi C | Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV | ja (*) | Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 10 MW mutta alle 30 MW. (10 MW ≤ P_{max} < 30 MW) |
| Tyyppi D | Liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV | tai (+) | Voimalaitoksen mitoitusaste on vähintään 30 MW. (P_{max} ≥ 30 MW) |

Tuulivoimalat liitetään sähköaseman kautta jakelu-, alue- tai kantaverkkoon lukuun ottamatta pienimpiä kuluttajakäytössä olevia pientuulivoimaloita, joiden tuotanto voidaan käyttää paikallisesti kokonaisuudessaan. Näitä pientuulivoimaloita ei käsitellä tässä opinnäytetyössä enempää. Pääsääntöisesti kaikki nykyään rakennettavat tuulipuistot kuuluvat jo liittymispisteen jännitetason vuoksi tyyppiluokkaan D, mutta Suomessa on myös tyyppiluokan C tuulipuistoja.

VJV 2018 määrää tyyppiluokkien C ja D voimalaitoksen ohjauksesta ja kaukokäytöstä seuraavasti.

Voimalaitos tulee varustaa väyläliitännällä (syöttöportilla), jotta päätötehon tuotannolle voidaan antaa ohjearvo päätötehon alentamiseksi ohjearvon mukaan. Väyläliitännän tulee olla yhteensopiva IEC60870-6 (Elcom, ICCP/TASE.2), IEC 60870-5-104 tai IEC 61850 -protokollan kanssa.

Käytöstä vastaava toimija voi ohjata voimalaitosta kaukokäytöllä tai paikallisesti. Voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan on muutettava voimalaitoksen päto- tai loistehonsäädön toimintatilaa tai asetteluarvoa voimalaitosteknologian asettamisrajoissa, jos Fingridin Kantaverkkokeskus tai liittymispisteen verkonhaltija sitä pyytää. Pyydetty muutos on saavutettava 15 minuutin kuluttua pyynnön antamisesta (toleranssi ±5 % asetusravosta tai suurimmillaan ±1 MW)

Liittymisen vastuulla on ilmoittaa Fingridille ja liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan yhteystiedot, viimeistään kun voimalaitos aloittaa päätötehon syötön Suomen sähköjärjestelmään. Liittymä vastaa siitä, että käytöstä vastaava toimija on tavoitettavissa 24 tuntia päivässä 7 päivänä viikossa. (3, s. 40.)

Fingrid myös vaatii, että voimalaitoksen kytkinlaitos tai sähköasema on varustettava tietoliikenneyhteydellä ja pakkolaukaisulla kantaverkon pikajälleenkytkennän mahdollistamiseksi. Jokaisen

tuulipuiston ohjaus paikallisesti määräykset täyttäen ei ole taloudellisesti mahdollista, joten käytännössä vaatimukset täytetään kaukokäytön keinoin. Sähköasemaa valvotaan ja ohjataan käytönvalvontajärjestelmällä, jolla voidaan tarvittaessa hoitaa myös tuulipuiston ohjaus täyttäen edellä mainitun VJV 2018:n vaatimukset.

Wind Controller JV Oy:llä on käytönvalvontajärjestelmänä ABB:n MicroSCADA Pro SYS600. Sähköaseman valvonnan ja ohjaamisen toteuttaminen käytönvalvontajärjestelmään vaatii erikoisosaimista, ja tämän vuoksi yksityiskohtaisen ohjeistuksen laatiminen konfigurointiprosessista todettiin välttämättömäksi. Tässä opinnäytetyöraportissa esitellään konfiguroinnin vaiheet pääpiirteittäin sekä muutamien esimerkkien avulla. Osia kuvakaappauksista on jouduttu peittämään luottamuksellisuuden säilyttämiseksi. Laadittu yksityiskohtainen ohjeistus itsessään on kokonaisuudessaan luottamuksellinen.

2 MICROSCADA PRO SYS600

MicroSCADA Pro SYS600 on ABB Oy:n valmistama käytönvalvontajärjestelmä ja osa MicroSCADA Pro -tuoteperhettä. Järjestelmän ensijulkaisu oli vuonna 1994, minkä jälkeen ohjelmistosta on julkaistu uusia versioita. SYS600 on modulaarinen ja skaalautuva, ja siinä on valmius useille erilaisille tietoliikenneprotokollille. Esimerkkejä yleisimmin käytetyistä ovat

- IEC 61850 Ed1 ja Ed2
- IEC 60870-5-101/103/104
- DNP 3.0 TCP/serial
- Modbus TCP/RTU
- LON
- OPC UA.

MicroSCADA Pro SYS600 -järjestelmä voidaan kahdentaa, mikä tarjoaa vikasietoisuutta laiterikkotapauksessa. (4; 5, s. 9.)

MicroSCADA Pro SYS600 kattaa tietoliikenteen lisäksi muut käytönvalvontajärjestelmältä vaadittavat ominaisuudet: prosessinäytöt, tapahtumalokit, datan keräämisen ja korkean saatavuuden. Järjestelmän hinnoittelu pohjautuu järjestelmän perushintaan, valittuihin moduuleihin ja I/O (liitäntäpiste) -määrään. Sekä moduuleita että liitäntäpisteitä voidaan ostaa lisää tarpeiden kasvaessa. Järjestelmää voidaan laajentaa esimerkiksi tiedonsäilöntä- ja analysointijärjestelmä Historianilla. (5, s. 9; 6.)

SYS600-käytönvalvontajärjestelmän lisäksi MicroSCADA Pro -tuoteperheeseen kuuluu DMS600-käytöntukijärjestelmä, vaikeisiin olosuhteisiin suunniteltu SYS600C-tietokone sekä hiljattain julkaistu MicroSCADA X. Se yhdistää käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät samaan pakettiin ja tarvittaessa vie järjestelmän pilveen. MicroSCADA Pro SYS600:aa käytetään maailmalla sähköasemavalvonnan lisäksi esimerkiksi aurinkovoimaloiden, tuulipuistojen, junaratasähköistyksen, kiinteistön ja satamavalauksen valvontaan ja ohjaukseen. (7; 8; 9; 10.)

Muita vastaavia käytönvalvontaohjelmistoja ovat espanjalaisen iGrid T&D:n iControl SCADA, yhdysvaltalaisen ETAP:n iSub, saksalaisen Siemensin SICAM ja suomalaisen Netcontrolin Netcon 3000. Toimeksiantaja päätyi ABB:n käytönvalvontaohjelmistoon muun muassa runsaan tukitarjonnan ja hinnoittelumallin vuoksi. (11; 12, s. 15; 13; 14.)

3 KONFIGUROINTIPROSESSI

Uuden sähköaseman konfigurointi MicroSCADA Pro SYS600:aan voidaan jakaa viiteen eri osaluokkaan. Ne ovat lähtötietojen kerääminen, käytettävän tietoliikenneprotokollan määrittely, tietokannan rakentaminen SYS600-sovellukseen, käyttöliittymän luominen ja lopuksi testaus.

3.1 Lähtötiedot

Sähköaseman kaukokäytön konfiguraation luomiseksi tarvitaan tiettyjä tietoja sähköasemasta. Näitä ovat muun muassa SLD (single-line diagram, yksiviivakaavio), spesifikaatio sähköaseman kommunikointitavasta (tietoliikenneprotokolla) sekä erityisesti lista signaaleista.

SLD tarvitaan sähköaseman rakenteen ja toiminnan hahmottamiseen. Teoriassa konfiguraatio voitaisiin luoda ilmankin yksiviivakaaviota riittävän kattavan signaalilistan perusteella. Varsinainen sähköaseman kaukokäyttöliittymä luodaan kuitenkin mukailemaan yksiviivakaaviota, joten yksiviivakaavio on välttämätön.

IEC 60870-5 -standardi määrittelee ohjaus- ja datansiirtoviestit ohjaavan tahon ja sähköaseman välillä. Euroopassa kommunikointiprotokollana käytetään usein IEC 60870-5-104 -protokollaa, joka käytännön työssä lyhentyy usein muotoon IEC 104. IEC 104 perustuu täysin protokollaan IEC 60870-5-101, joka on sarjaliikenneprotokolla. Sarjaliikenneprotokollan rajoitteiden vuoksi on luotu IEC 104, jossa IEC 101 -viestit kulkevat TCP/IP-protokollan sovelluskerroksessa. Tämä mahdollistaa kommunikaation reitittämisen tavanomaisen verkkoliikenteen tapaan. (15, s. 4; 16, s. 10; 17, s. 9; 15, s. 2.)

Signaalilista (kuva 1) pitää sisällään tiedot sähköaseman mittauksista, ohjauksista ja hälytyksistä. Signaalilistan sisältöä tai muotoa ei ole vakioitu, vaan sen määrittää yleensä sähköaseman toimittaja. Kullekin signaalille on esitetty kuitenkin vähintään nimi, datamuoto ja osoite. Toisinaan signaalilista valitettavasti jättää sijan arvauksille – esimerkiksi esittääkö paikallis-/kaukokäyttösignaali 0-tilassa paikalliskäyttöä ja 1-tilassa kaukokäyttöä kuten hyvien merkintätapojen mukaan voisi olettaa, ja onko saapuva data lopulta totuusarvomuuttuja (boolean) tai liukuluku. Nämä asiat selviävät viimeistään signaalitesteissä.

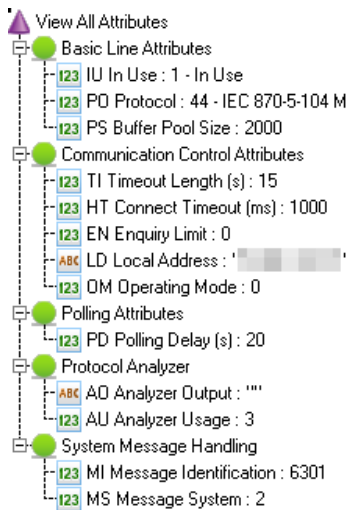
KUVA 1. Ote erään sähköaseman toimittajan signaalilistasta

3.2 IEC 104 -protokollan määrittely

Sähköasemaa ohjaavaa tahoa nimitetään IEC Masteriksi ja sähköasemalla olevaa RTU:ta (remote terminal unit) IEC Slaveksi. Tämä voidaan kokea käsitteellisesti ristiriitaiseksi, sillä slave toimii TCP/IP-protokollan näkökulmasta palvelimena (server) ja master asiakasohjelmalla (client). Nimitys perustuu kuitenkin siihen, että sähköasemalla oleva slave (RTU), joka välillisesti ohjaa sähköaseman toimilaitteita ja kerää niiltä dataa, noudattaa masterin antamia ohjeita ja toimittaa dataa masterille.

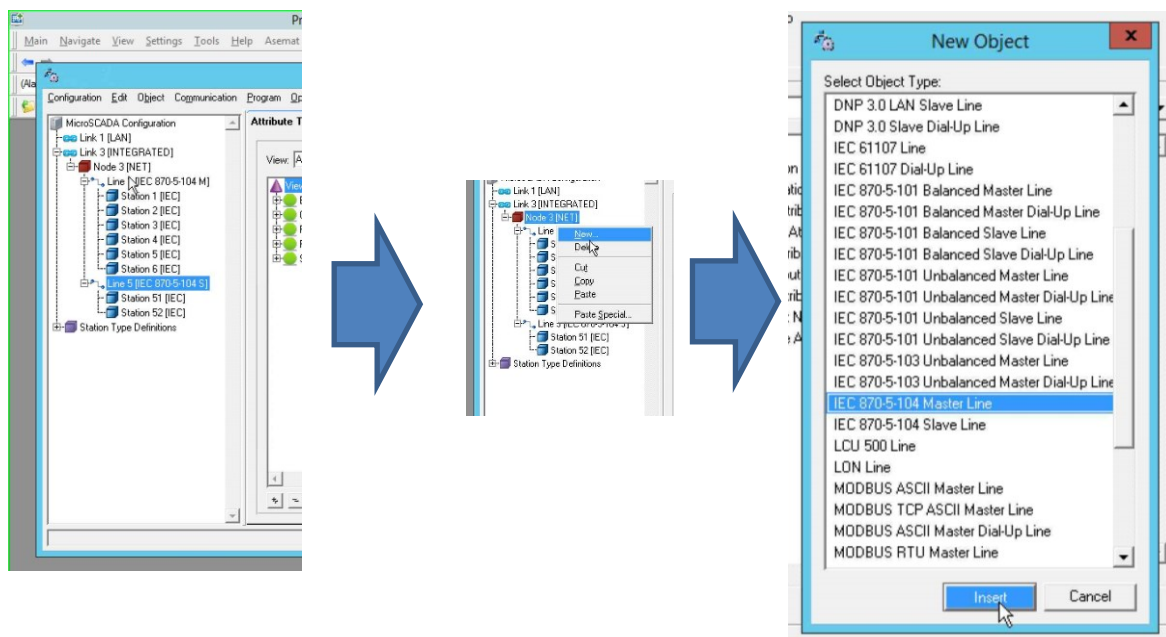
IEC 104 -protokollan määrittely pitää sisällään lukuisia parametreja kommunikointiin. Suuren osan niistä täytyy olla yhteneviä IEC Masterilla ja IEC Slavella. Osa näistä on IEC 104 -spesifikaatiossa määritelty siten, että niistä poikkeaminen on mahdollista, mutta tämän on syytä olla vahvasti perusteltu. Näitä ovat esimerkiksi aikaviiveet kuittausviestin odottamiseksi. Toisaalta taas aikapalvelin voi olla joko IEC Master tai jokin muu, ja ajan synkronointi RTU:lle voidaan toteuttaa joko IEC 104 -protokollalla tai laajemmin käytössä olevaa NTP:tä (Network Time Protocol) hyödyntäen. Toimeksiantajan tapauksessa IEC Master tai sen yhdyskäytävä toimii aikapalvelimena ohjattavalle kohteelle synkronointitoteutuksen vaihdellessa kohteen mukaan.

Kuvassa 2 näkyy IEC 104 Master -protokollan perusasetukset MicroSCADA Pro SYS600 -ohjelmiston järjestelmähierarkiassa. Tämän protokollan alle luodaan kaukokäyttökohteita, ja nämä protokollan asetukset vaikuttavat jokaiseen alle luotavaan kohteeseen. Kunkin kohteen asetuspuussa on lisää yksilöllisiä tietoliikenneprotokolla-asetuksia.



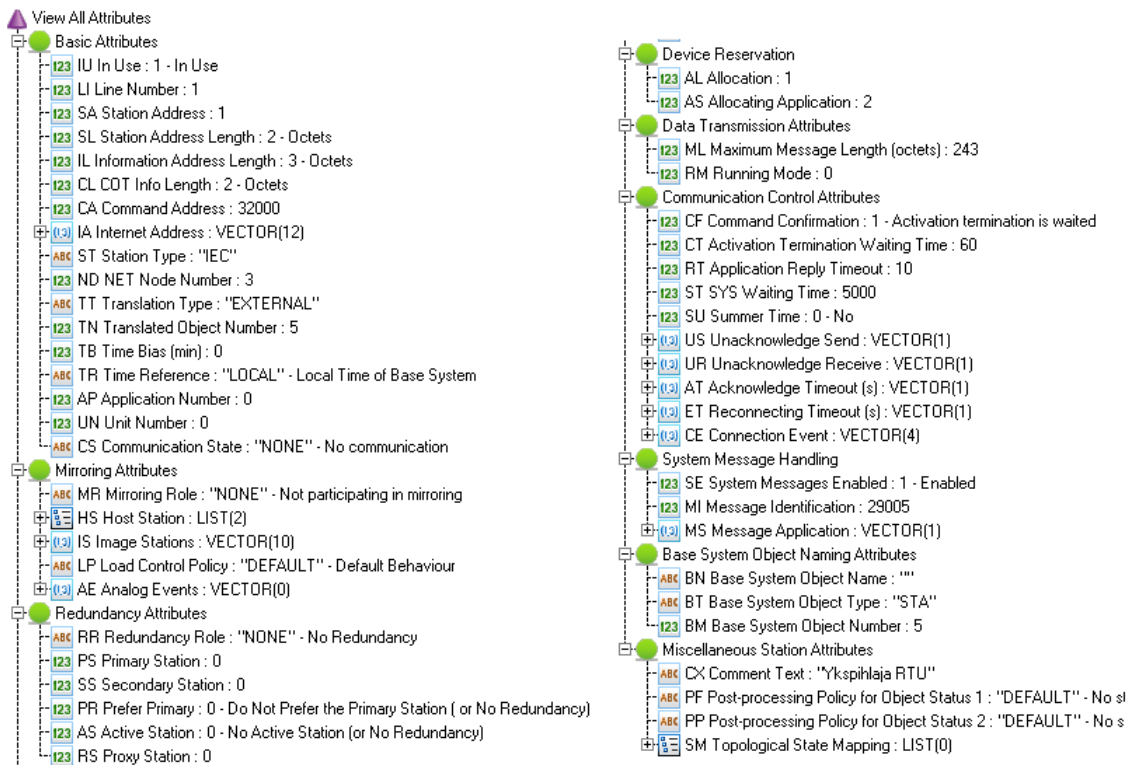
KUVA 2. IEC 60870-5-104 Master -protokollan perusasetukset

Kuvassa 3 on esitetty kommunikointiprotokollan valinta uudelle kohteelle. MicroSCADA Pro SYS600 voi toimia sekä IEC 104 Masterina että IEC 104 Slavena. Esimerkiksi Fingrid voi toimia IEC 104 Masterina kerätessään valvomoista tarvitsemiaan katkaisija- ja mittaustietoja, ja tällöin valvomon käytönvalvontajärjestelmä toimii Fingridille IEC 104 Slavena.



KUVA 3. Kommunikointiprotokollan valinta uudelle kohteelle

Kuvassa 4 näkyy varsinaisen kaukokäyttökohteen parametrit. Tässä määritellään tietoliikenneparametrejä, kaukokäyttökohteen numerointi käytönvalvontajärjestelmässä ym.



KUVA 4. IEC 104 -kaukokäyttökohteen parametointi

3.3 Tietokannan rakentaminen

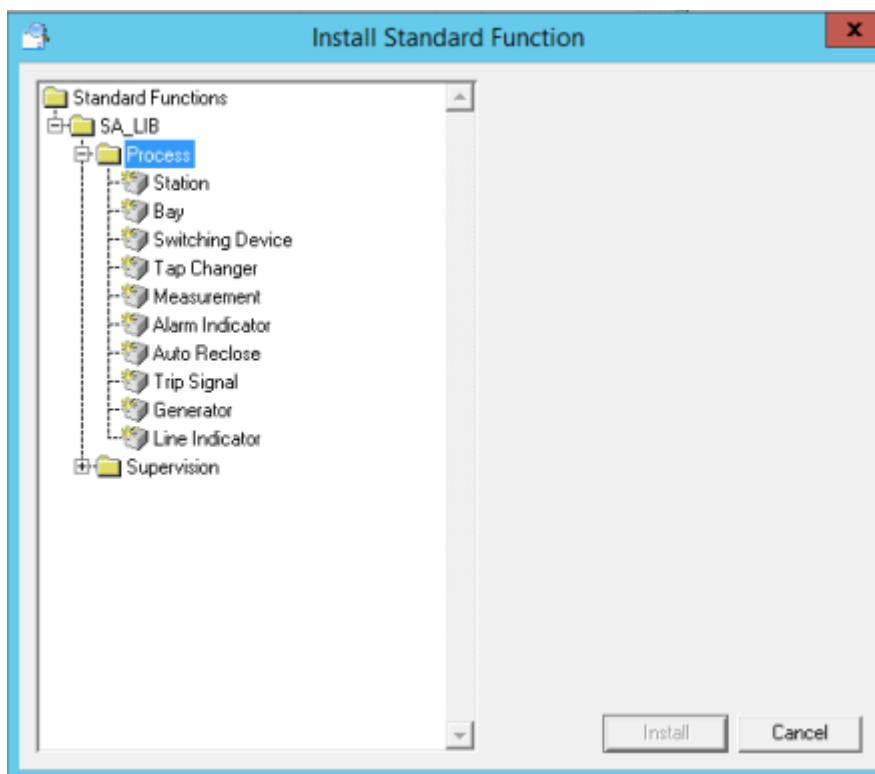
Tietokannan rakentaminen MicroSCADA Pro SYS600:ssa on sähköaseman konfiguroinnissa oleellisin ja todennäköisesti työläin vaihe. Signaalilistassa määritetyt signaalit täytyy saattaa sellaiseen muotoon, että ne ovat MicroSCADA Pro SYS600:n kannalta järkeviä ja toimivat käytössä oikein. Tämä tietokanta toimii myöhemmin runkona, johon HMI (human-machine interface, käyttöliittymä) perustuu.

Tietokantaa luotaessa on hyvä muistaa, että MicroSCADA Pro SYS600:n tietokanta perustuu sen omaan toimintalogiikkaan ja -ympäristöön. Signaalilistassa voidaan saada tarkka spesifikaatio mitaustiedon muodosta (esimerkiksi askeltieto, normalisoitu arvo $[-1 - 1 \cdot 2^{-15}]$, skaalattu arvo $[-32768 - 32767]$, liukuluku tai mikä tahansa näistä aikaleiman kanssa), mutta kaikki nämä määritellään MicroSCADA Pro SYS600:n tietokannassa yleisesti analogiarvoiksi. MicroSCADA Pro SYS600 tulkitsee saapuvan datan tällä tietokehyksellä sopivaan muotoon. Ohjaussignaaleille voidaan joutua määrittämään jokaiselle objektille kiertoteitse oikea RTU:hun määritelty datatyyppi.

3.3.1 Valmistoimintojen käyttö

MicroSCADA Pro SYS600:aan on määritelty tiettyjä valmistoimintoja (Standard Function, kuva 5). Nämä on syytä luoda loogisessa järjestyksessä: ensin luodaan asema, minkä jälkeen kenno ja sen alle kyseisen kennon mittaustiedot, käämikytkimen ohjaukset, katkaisijoiden tai erottimien ohjaukset ja mittatiedot, hälytykset jne.

Näin toimien esimerkiksi jos kenno H02 saadaan luotua kerralla oikein ja paikallis-/kaukokäyttötieto on määritelty oikein, periytyy sama taustatieto saman kennon katkaisijalle H02Q0. Mikäli jälkikäteen muokataan kennon H02 paikallis-/kaukokäyttöparametriä, se ei enää periydykään jo olemassa olevalle katkaisijalle, vaan tämä täytyy korjata käsin kaikille kennossa oleville ohjattaville toimilaitteille.

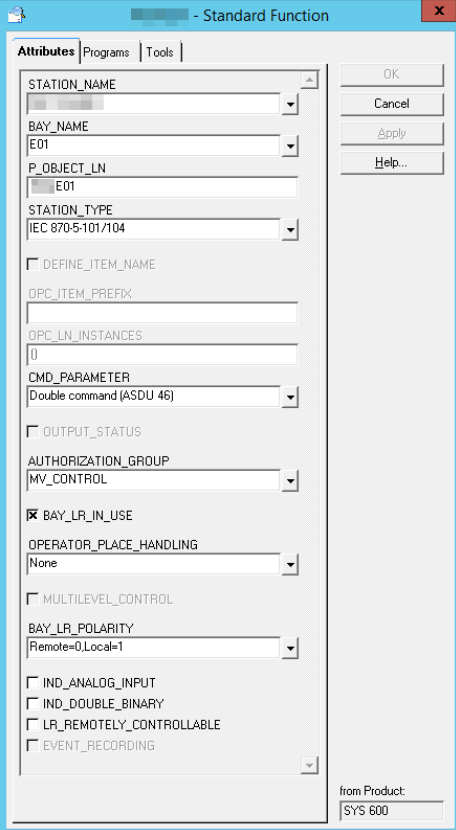


KUVA 5. Standard Function -valikoima

3.3.2 Kennon määrittely

MicroSCADA Pro SYS600 on monipuolinen käytönvalvontaohjelmisto, jossa on tuki useille eri kommunikaatioprotokollille. Tämä johtaa siihen, että jokainen MicroSCADA Pro SYS600:ssa oleva objekti (esimerkiksi katkaisijan H02Q0 tilatieto) täytyy pystyä tulkitsemaan usealle eri protokollalle. Näin ollen jokainen objekti sisältää lukuisia erilaisia parametrejä. Osa näistä on pelkästään MicroSCADA Pro SYS600:n sisäiseen käyttöön ja osa näkyy suoraan IEC 104 -kommunikaation pakettien sisällä.

Kuvassa 6 esitetään Standard Function "Bay":n määrittelyt. STATION_TYPE:ssä määritetään kommunikointiprotokolla, joka määritetään kennon nimeämisen jälkeen, sillä se vaikuttaa muihin parametreihin. CMD_PARAMETER voi olla aikaleimattomat Single Command (1-bittinen) tai Double Command (2-bittinen) tai edeltävät sisältäen aikaleiman. BAY_LR_IN_USE:lla määritetään, onko kennolla käytössä paikallis-/kauko-ohjaus (Local/Remote) -valinta ja BAY_LR_POLARITY:llä kerrotaan esimerkin tapauksessa käytönvalvontajärjestelmälle, että tila "1" vastaa paikalliskäyttötilaa. Tälle tiedolle täytyy olla RTU:lla osoite, joka annetaan myös käytönvalvontajärjestelmälle.



The screenshot shows a configuration window titled "Standard Function" with a blue header bar. The window contains several configuration fields and checkboxes:

- Attributes | Programs | Tools** (tabs)
- STATION_NAME**: dropdown menu
- BAY_NAME**: dropdown menu (value: E01)
- P_OBJECT_LN**: dropdown menu (value: E01)
- STATION_TYPE**: dropdown menu (value: IEC 870-5-101/104)
- DEFINE_ITEM_NAME**
- OPC_ITEM_PREFIX**: text input field
- OPC_LN_INSTANCES**: text input field (value: 0)
- CMD_PARAMETER**: dropdown menu (value: Double command (ASDU 46))
- OUTPUT_STATUS**
- AUTHORIZATION_GROUP**: dropdown menu (value: MV_CONTROL)
- BAY_LR_IN_USE**
- OPERATOR_PLACE_HANDLING**: dropdown menu (value: None)
- MULTILEVEL_CONTROL**
- BAY_LR_POLARITY**: dropdown menu (value: Remote=0, Local=1)
- IND_ANALOG_INPUT**
- IND_DOUBLE_BINARY**
- LR_REMOTELY_CONTROLLABLE**
- EVENT_RECORDING**
- from Product**: SYS 600

Buttons on the right side: OK, Cancel, Apply, Help...

KUVA 6. Standard Function "Bay"

3.3.3 Katkaisijan konfigurointi

Kuvassa 7 on esitetty osa katkaisijalle määriteltävistä parametreista. Keskeisimpiä näistä on katkaisijan tyyppin määrittely, saapuvan tilatiedon ja lähtevän ohjauksen tyyppin määrittely – mikäli katkaisija on etäohjattavissa (MOTORIZED). Kennon paikallis-/kaukokäyttötiedon on oltava myös oikein.

The image shows a configuration interface for a switching device, divided into two columns. The left column shows the current configuration, and the right column shows a dropdown menu for the 'SWITCHING_DEVICE_TYPE' parameter.

Left Column (Current Configuration):

- SWITCHING_DEVICE_TYPE: Circuit breaker
- SWITCHING_DEVICE_PURPOSE: Circuit breaker
- SWITCH_SECTION: (empty)
- STATION_TYPE: IEC 870-5-101/104
- DEFINE_ITEM_NAME:
- OPC_ITEM_PREFIX: (empty)
- OPC_LN_INSTANCES: (empty)
- INDICATION_TYPE: Double indication (DB)
- MOTORIZED:
- INTERLOCKING_BYPASS:
- SYNCHROCHECK_BYPASS:
- CONTROL_TYPE: Secured cmd with 1 BO
- CMD_PARAMETER: Double command (ASDU 46)
- OUTPUT_STATUS:
- CONTROL_PULSE_LENGTH: 0
- CONTROL_BITS: 0
- QUALIFIERS: 0
- AUTHORIZATION_GROUP: MV_CONTROL
- OPERATOR_PLACE_HANDLING: None
- BAY_LR_POLARITY: Remote=0,Local=1
- TAGOUT:
- AUXILIARY_PLUG:
- EVENT_RECORDING:

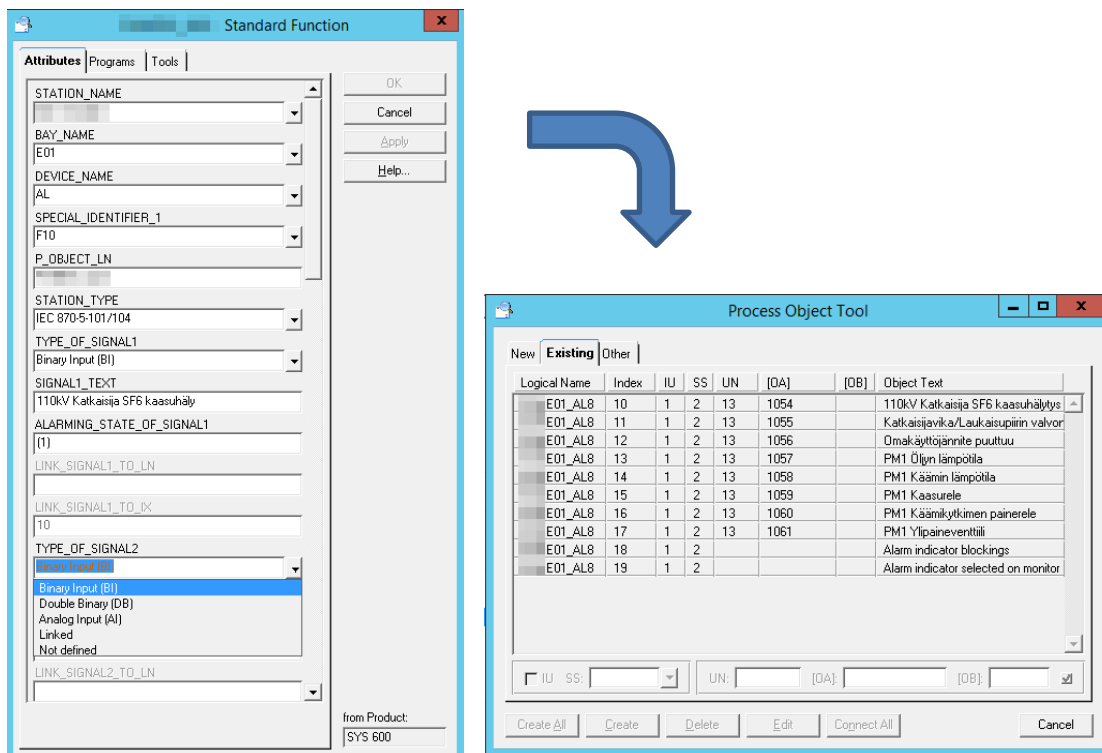
Right Column (Dropdown Menu for SWITCHING_DEVICE_TYPE):

- SWITCHING_DEVICE_TYPE: Circuit breaker (selected)
- SWITCHING_DEVICE_PURPOSE: Disconnecter (selected)
- INDICATION_TYPE: Double indication (DB) (selected)
- CONTROL_TYPE: Secured cmd with 1 BO (selected)
- CMD_PARAMETER: Double command (ASDU 46) (selected)

KUVA 7. Standard Function "Switching Device" ja osa sen parametreista

3.3.4 Hälytysten luominen

Kuvassa 8 näkyy hälytysten luominen tietokantaan Standard Function "Alarm Indicatoria" hyväksikäyttäen. Jokaiselle hälytykselle määritetään "UN", joka on luotavan kaukokäyttökohteen tunnus käytönvalvontajärjestelmässä. OA vastaa signaalilistassa annettua osoitetta, joka on siis asetettu myös RTU:lle. Tämän osoitteen perusteella RTU:lta saatava tieto kohdistetaan oikeaan pisteeseen käytönvalvontajärjestelmässä. Hälytykset ovat useimmiten binäärituloja, mutta myös analogitietoja käytetään.



KUVA 8. Standard Function "Alarm Indicatorin" luominen

3.3.5 Mittauspisteiden konfigurointi

Kuvassa 9 on esitetty mittauspisteiden konfigurointia Standard Functionin avulla. MicroSCADA PRO SYS600:ssa on varsin hyvä valikoima suureita valittavana mittapisteiksi, mutta myös vapaasti konfiguroitavia mittapisteitä voidaan käyttää.

| | |
|---|-------------------|
| STATION_NAME | |
| BAY_NAME | E01 |
| DEVICE_NAME | M |
| SPECIAL_IDENTIFIER_1 | A01 |
| P_OBJECT_LN | E01_M2 |
| STATION_TYPE | IEC 870-5-101/104 |
| <input type="checkbox"/> DEFINE_ITEM_NAME | |
| OPC_ITEM_PREFIX | |

| | |
|-------------------|------------------------|
| TYPE_MEAS_1 | (23) Power factor Cosj |
| OPC_LN_INSTANCE_1 | 0 |
| FOLDER_1_TITLE | PF |
| MEAS_1_DECIMALS | 2 |
| TYPE_MEAS_2 | (20) Active power P |
| OPC_LN_INSTANCE_2 | 0 |
| FOLDER_2_TITLE | P |
| MEAS_2_DECIMALS | 1 |
| TYPE_MEAS_3 | (22) Apparent power S |
| OPC_LN_INSTANCE_3 | 0 |
| FOLDER_3_TITLE | S |
| MEAS_3_DECIMALS | 1 |

KUVA 9. Standard Function "Measurement"

3.3.6 Yksittäisten objektien parametointi

Kuvassa 10 näkyy yksittäisen objektin parametointi-ikkuna. Yksittäinen objekti voi siis olla vaikkapa katkaisijan tilatieto, päämuuntajan käämin lämpötilamittaus, maasulkuhälytys tai, kuten tässä tapauksessa, päämuuntajan käämikytkimen manuaali-/automaattiohjauksen ohjaus. Yksittäiselle objektille voidaan määrittellä erilaisia skaalauksia, hälytyksiä, datan keräystä, turvalukituksia, pakottaa arvoja sekä tutkia kaikkia MicroSCADA Pro SYS600:n sille automaattisesti määrittämiä parametrejä.

KUVA 10. Yksittäisen objektin (käämikytkimen manuaali-/automaattiohjauksen ohjaus) parametroidi

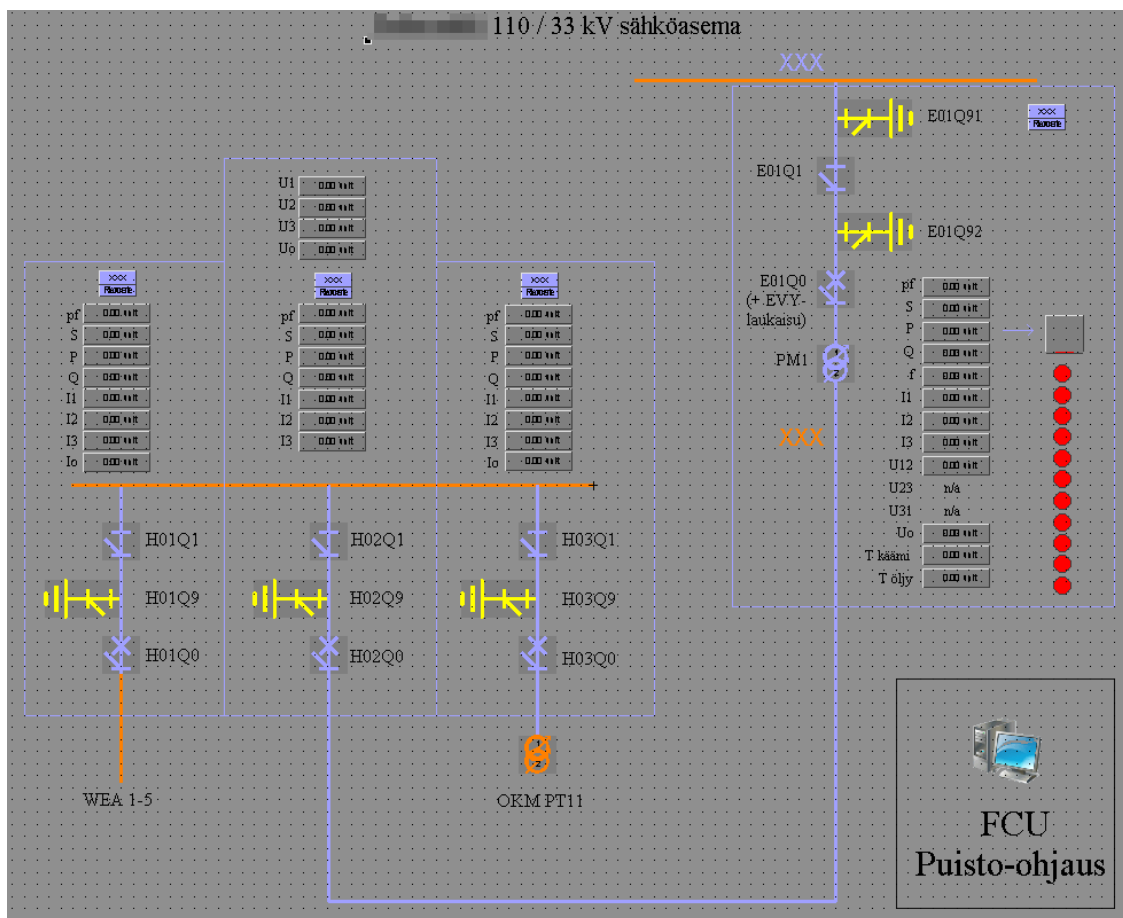
3.4 Käyttöliittymän luominen

Kun tietokanta on luotu, luodaan sähköaseman käyttöliittymä. Tästä käyttöliittymästä on hyvä nähdä suoraan vähintäänkin erinäisiä oleellisia mittaus- ja tilatietoja. Sellaisiksi voitaisiin katsoa katkaisijoiden ja erottimien tilatiedot sekä jännitteet ja virrat mahdollisen muuntajan molemmin puolin. Tuulipuistojen osalta mielenkiintoisia ovat myös tuulipuiston tuottama pätö- ja loisteho, puisto-ohjaimen toimittama tuulennopeusmittaus ym.

Ainakin toimeksiantajan tapauksessa käyttöliittymä luodaan yksiviivakaaviota mukaillen. Tarkoituksenmukaista ei välttämättä ole esittää jokaisen suoja releen ominaisuuksia käyttöliittymässä. Sen sijaan on oleellista, että sähköaseman käyttö ja tilan seuranta on havainnollista. Lisäksi tulee muistaa käytettävyys – jokainen elementti kuormittaa käyttöliittymää, ja sen suorituskyky on osaltaan oleellinen seikka aseman käytössä.

Käytännössä käyttöliittymää luotaessa pyritään käyttämään aiemmin tehtyä tietokantaa niin pitkälle kuin mahdollista. MicroSCADA Pro SYS600:n HMI-työkalu ”Display Builder” esittää tietokantaan aiemmin tehdyt objektit hierarkiassa, ja niitä voidaan asettaa luotavaan käyttöliittymään raahaa ja pudota -toimintatavalla.

Kuvassa 11 on esitetty eräs tähän tapaan luotu käyttöliittymä viiden tuulivoimalan sähköasemalle. H01-kennossa on liitäntä tuulipuistoon, H02 liittää sähköaseman kojeiston päämuuntajan kautta 110 kV:n sähkölinjaan ja H03 syöttää sähköaseman omakäyttömuuntajaa.



KUVA 11. Sähköasema viidelle tuulivoimalalle Display Builderissa yksiviivakaaviota mukaillen

3.5 Testaus

Sähköaseman signaalitestausta on todennäköisesti tärkein vaihe sähköaseman konfiguroinnissa. Yleensä tämä pyritään suorittamaan sähköaseman koestuksen yhteydessä. Jokainen signaalilistassa määritelty signaali testataan yksitellen. Mittaukset ja tilatiedot testataan siten, että koestaja syöttää tiettyjä virtoja tai jännitteitä tai arvoja suojareleen mitattavaksi, vaihtaa katkaisijan tilaa, ja arvon päivittyminen todetaan vähintään tietokantaan tai mahdollisesti käyttöliittymään asti. Ohjauksen tapauksessa ohjataan IEC Masterilta toimilaitteita, ja sähköasemalla koestaja toteaa toimilaitteen toimivan ohjauksen mukaisesti. Jokainen testattu signaali kirjataan ylös lopputuloksineen ja mahdollisine poikkeamineen.

Mikäli poikkeamia ei pystytä korjaamaan testatessa, testataan nämä myöhemmin uudelleen korjausten jälkeen. Yksinkertainen signaalitesti ei välttämättä kuitenkaan paljasta kaikkia poikkeamia. Esimerkiksi testattaessa virtamittaus syöttämällä virtamuuntajan toisioon ennalta tunnettu sähkövirta, jää varsinainen virtamuuntajan toiminta testaamatta.

Myös suojareleillä voi olla useita erilaisia asetuksia datavirran määrän rajoittamiseksi – sen sijaan, että mittatieto välitetään vaikkapa 1 sekunnin välein RTU:lle, voidaan mittatieto välittää riittävän suuren muutoksen tapahtuessa tietyllä aikavälillä. Lisäksi RTU:lla voi olla omia asetuksiaan mittausten integroinnille tai epäherkkyyksialueelle. Näistä seikoista johtuen signaalitestien jälkeenkin täytyy sähköaseman kaukokäytön toimintaa seurata tarkasti ja puuttua mahdollisiin poikkeamiin.

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön aiheajauksessa työn ulkopuolelle oli jätetty tuulipuiston ohjauksen toteuttaminen, vaikka sekin tehtiin sähköaseman konfiguroinnin jälkeen. MicroSCADA Pro SYS600 -järjestelmä on selkeästi toteutettu sähköasemien hallintaan. Tämä selviää jo MicroSCADA Pro SYS600:n tarjoamista Standard Functioneista, jotka eivät sellaisinaan sovellu mihinkään tähän mennessä toteutettuun tuulipuisto-ohjaukseen. MicroSCADA Pro SYS600 on kuitenkin erittäin joustava käytönvalvontajärjestelmä, jossa on mahdollista käyttää sen omaa SCIL-ohjelmointikieltä. Tällä voidaan tehdä sekä erilaisia käyttöliittymäkomponentteja että toimintalogiikoita, ja näitä onkin usein hyödynnettävä tuulipuiston ohjauksissa.

Tästä johtuen oli selvää, että opinnäytetyönä toteutetun ohjeistuksen tulee olla muunneltavissa, ja sitä on päivitettävä uuden tiedon omaksumisen myötä. Tuulipuisto-ohjauksen konfigurointi vaatii huomattavan määrän hienosäätöä, ja tietoliikenneanalysointia (esimerkiksi yleisesti käytetty Wireshark) käyttö on ainakin perusteiden osalta syytä hallita.

Toteutettu ohjeistus on opinnäytetyöraporttia kirjoitettaessa 56 sivua pitkä, ja sisältää vaihe vaiheelta -ohjeita seuraaviin kohtiin:

- tietoliikenneprotokollan määrittely ja uuden kaukokäyttökohteen lisääminen ja määrittely
- objektien luominen (ohjaukset, mittaukset ja hälytykset)
- käyttöliittymän laatiminen sähköasemalle
- sähköaseman tilan esittäminen koontinäkyvässä
- aikasykronoinnin toteuttaminen IEC 104 -protokollalla (vaatii SCIL-koodin suorittamista halutuin aikasyklein)
- tuulipuiston ohjauksen erityispiirteet
- datan vieminen toimeksiantajan ylempään SCADA-järjestelmään
- datan vieminen jakelu-/kantaverkonhaltijalle tai muille osapuolille MicroSCADA Pro SYS600:sta
- signaalitestausta.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe kehittyi toimeksiantajan välittömästä tarpeesta luoda ohjeistus uusien sähköasemien konfiguroinnista kaukokäyttöön. Konfigurointi vaatii joka tapauksessa runsaasti osaamista ja taustatietoa sähköasemien toiminnasta ja tiedonsiirrosta, mutta ennen ohjeistuksen luomista ja lisäkoulutusta tätä konfigurointiosaamista ei ollut riittävän monella henkilöllä. Liiketoiminnallinen riski oli tässä siten olemassa.

Konfigurointi, niin tietoteknistä työtä kuin onkin, vaatii spesifiä osaamista sekä sähköaseman että valitun käytönvalvontaohjelmiston toiminnasta, jotta se voidaan suorittaa oikein ja järkevästi. Suurin osa opinnäytetyön tekemiseen käytetystä ajasta menikin asiaan perehtymiseen ja työn kohteena olleen sähköaseman ja tuulipuisto-ohjauksen toteutuksen laatimiseen. Toimeksiantajan käyttöön jäänyt ohjeistus syntyi konfiguraatiota tehdessä. Ohjeistus itsessään on yksityiskohtainen, mutta yleisohjetta jokaiselle tulevalle sähköasemalle ei niiden yksilöllisyyden vuoksi ole mahdollista laatia.

Opinnäytetyön aihe oli mielestäni erinomainen ja tarpeellinen, ja koen oppineeni tämän parissa sähköaseman toiminnasta paljon pelkän MicroSCADA Pro SYS600:n konfiguroinnin lisäksi. Opinnäytetyöraporttia laatiessani tiedän myös kollegani käyttäneen tässä opinnäytetyössä tehtyä ohjeistusta tukena konfiguroinnissa.

Kuten edellä on todettu, sähköasemat ovat yksilöllisiä. Vielä tätäkin yksilöllisempiä ovat erinäiset tuulipuistojen ohjaukset, ja näistä jokainen vaatii MicroSCADA Pro SYS600:n käyttämistä joko sen valmiskomponentteja muokaten tai käyttäen SCIL-ohjelmointikieltä tukena. Näin ollen toimeksiantajalle on annettu ohje päivittää opinnäytetyössä tehtyä ohjeistusta sitä mukaa kuin lisäosaamista järjestelmistä kertyy.

LÄHTEET

1. Wind Controller JV Oy. Wind Controller | Your partner in renewable energy services. Saatavissa: <https://www.windcontroller.fi/>. Hakupäivä 17.11.2019.
2. Suomen Tuulivoimayhdistys. Tuulivoimahankkeet Suomessa. Saatavissa: <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankelista>. Hakupäivä 17.11.2019.
3. Fingrid 2018. Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset VJV2018. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/vjv2018.pdf>. Hakupäivä 29.10.2019.
4. ABB. Suomalaiset juuret. Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>. Hakupäivä 18.11.2019.
5. ABB 2017. MicroSCADA Pro - Substation automation applications. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/069506d0d05e49f0a859af1b64920f71/1MRS756064_LoRes_G_en_MicroSCADA_Pro_for_substation_automation.pdf. Hakupäivä 18.11.2019.
6. ABB. Knowing the past improves the future | Historian - SCADA - MicroSCADA Pro SYS600 (SCADA - MicroSCADA X from ABB). Saatavissa: <https://new.abb.com/network-management/network-management/microscada-pro/sys600/historian>. Hakupäivä 18.11.2019.
7. ABB. SCADA - MicroSCADA Pro DMS600 - SCADA - MicroSCADA X from ABB. Saatavissa: <https://new.abb.com/network-management/network-management/microscada-pro/dms600>. Hakupäivä 18.11.2019.
8. ABB. SCADA - MicroSCADA Pro SYS600C - SCADA - MicroSCADA X from ABB. Saatavissa: <https://new.abb.com/network-management/network-management/microscada-pro/sys600c>. Hakupäivä 11.18.2019.
9. ABB 2019. ABB to accelerate the digital transformation of power grids. Saatavissa: <https://new.abb.com/news/detail/24892/abb-to-accelerate-the-digital-transformation-of-power-grids>. Hakupäivä 11.18.2019.

10. ABB. SCADA - MicroSCADA Pro SYS600 - SCADA - MicroSCADA X from ABB.
<https://new.abb.com/network-management/network-management/microscada-pro/sys600>.
Hakupäivä 18.11.2019.
11. iGrid T&D. iControl SCADA system software. Saatavissa: <https://www.igrid-td.com/products/iconcontrol/>. Hakupäivä 18.11.2019.
12. ETAP / Operation Technology, Inc 2016. Model-Driven Real-Time Solutions for Power Systems. Saatavissa: <https://etap.com/docs/default-source/Brochures/etap-real-time-overview.pdf>. Hakupäivä 18.11.2019.
13. Siemens 2019. Substation Automation that sets the standards | Energy automation and smart grid. Saatavissa: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/substation-automation.html>. Hakupäivä 18.11.2019.
14. Netcontrol Group 2019. NETCON 3000 - Resourceful SCADA system. Saatavissa: https://www.netcontrol.com/wp-content/uploads/2019/09/M00166-BR-EN-5_Netcon-3000-Brochure.pdf. Hakupäivä 18.11.2019.
15. Matoušek, Petr 2017. Description and analysis of IEC 104 Protocol - Technical Report. Saatavissa: <https://www.fit.vut.cz/research/publication-file/11570/TR-IEC104.pdf>. Hakupäivä 11.02.2019.
16. Schwarz, Karlheinz 2012. Comparison of IEC 60870-5-101/-103/-104, DNP3, and IEC 60870-6-TASE.2 with IEC 61850. Saatavissa: http://upload.scc-online.de/files/2019-02-10_154953/Comparison_DNP_60870_61850_2012-07-21_p.pdf. Hakupäivä 22.11.2019.
17. Schneider Electric 2013. SCADAPack E IEC 60870-5-101/104 Slave Technical Manual. Saatavissa: https://www.plcsystems.ru/catalog/SCADAPack/doc/IEC60870-5-101_104_Slave_Technical_Reference.pdf. Hakupäivä 2.11.2019.