

VAASAN YLIOPISTO

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

SÄHKÖTEKNIikka

Noora Riihimäki

**KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄN HISTORIASOVELLUSTEN VAATI-
MUKSET JA HYÖDYNTÄMINEN SUOMEN SÄHKÖVERKKOYHTIÖISSÄ**

Diplomityö, joka on jätetty tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten

Vaasassa 21.10.2016

Työn valvoja

Prof. Kimmo Kauhaniemi

Työn ohjaaja

DI Håkan Hultholm

Työn tarkastaja

Prof. Timo Vekara

ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty toimeksiantona Vaasan ABB Oy Grid Automation Systems -yksikköön. Suuret kiitokset haluan osoittaa projektipäällikkö Mika Rajaniemelle aiheen saamisesta sekä ohjaajalleni diplomi-insinööri Håkan Hultholmille asiantuntevasta opastuksesta ja avusta työn edetessä.

Haluan kiittää professori Kimmo Kauhaniemeä asiantuntevista neuvoista sekä professori Timo Vekaraa työn tarkastamisesta.

Olen kiitollinen myös perheeni ja ystäväni tuesta ja kannustuksesta koko opiskeluiden ajalta.

Vaasassa 20.10.2016

Noora Riihimäki

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE	2
SISÄLLYSLUETTELO	3
SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	5
TIIVISTELMÄ	6
ABSTRACT	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta ja tavoite	8
1.2 Työn rakenne	9
1.3 ABB Oy	11
2 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ JA SEN AUTOMAATIO	12
2.1 Sähköjakeluautomaation komponentit	12
2.2 Sähköjakeluautomaatiojärjestelmä	14
2.3 Käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADA	16
2.3.1 Keskeisimmät toiminnot	17
2.3.2 Perusteet ja käyttökohteet	18
2.3.3 Järjestelmäpalvelin ja sovellukset	18
2.3.4 Mittaukset	22
3 HISTORIATIETOKANTAJÄRJESTELMÄ	24
3.1 Järjestelmän yleiset ominaisuudet	25
3.2 Historian-historiatietokantajärjestelmä	28

3.2.1	Tekniset ominaisuudet	31
3.2.2	Graafinen käyttöliittymä	32
3.2.3	Sisäänrakennettuja toiminnallisuuksia	34
4	ASIAKKAIDEN VAATIMUKSET	36
4.1	Kyselytutkimus	36
4.2	Kyselyn vastausten analysointi	37
5	HISTORIAN-MALLIN LUOMINEN	41
5.1	Generaattorikohtainen loistehon suhde päätötehoon	41
5.2	Jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin	55
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	59
7	YHTEENVETO	62
	LÄHDELUETTELO	65

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

$\cos \varphi$	Tehokerroin
I	Sähkövirran voimakkuus
P	Pätöteho
Q	Loisteho
S	Näennäisteho
U	Jännite
KJ	Keskijännite
MS	MicroSCADA
ODBC	Open Database Connectivity, standardoitu avoin rajapinta tietokannoille
OPC	OLE for Process Control, standardi avoimelle tiedonsiirrolle
RTDB	Real Time Database, ABB:n kehittämä relaatiotietokanta
RTU	Remote Terminal Unit, tiedonsiirtoyksikkö
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, käytönvalvontajärjestelmä
SCIL	Supervisory Control Implementation Language, ohjelmointikieli

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Noora Riihimäki
Diplomityön nimi:	Käytönvalvontajärjestelmän historiasovellusten vaatimukset ja hyödyntäminen Suomen sähköverkkoyhtiöissä
Valvoja:	Professori Kimmo Kauhaniemi
Ohjaaja:	DI Håkan Hultholm
Tarkastaja:	Professori Timo Vekara
Tutkinto:	Diplomi-insinööri
Koulutusohjelma:	Sähkö- ja energiatekniikan koulutusohjelma
Suunta:	Sähkötekniikka
Opintojen aloitusvuosi:	2010
Diplomityön valmistumisvuosi:	2016

Sivumäärä: 67

TIIVISTELMÄ

Uusiutuvan energian tuotannon kasvu ja lisääntyvä sähköenergian tarve edellyttävät muutoksia sähköjärjestelmiin maailmanlaajuisesti. Ratkaisuksi tähän on ajateltu älykkäitä sähköverkoja ja sen myötä lisääntyvää automaatiota sähköverkoissa. Verkossa on jo monia automatisoituja järjestelmiä, mutta yksi uusimmista on historiatietokantajärjestelmä.

Tässä diplomityössä tutkittiin ABB Oy:n MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän yhteyteen suunniteltua SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmää sekä sen sovellusten hyödyntämistä Suomen sähköverkkoyhtiöissä. Tiedot historiatietokantajärjestelmän hyödyistä ovat vielä heikot. Työn tarkoituksena oli perehtyä asiakkaiden tarpeisiin ja tulevaisuuden näkymiin historiatietokantajärjestelmään nojautuen sekä luoda asiakasvas- tausten perusteella malliratkaisuja historiatietokantajärjestelmällä. Diplomityön empiiri- nen osuus toteutettiin aluksi gallupinomaisesti lähettämällä sähköverkkoyhtiöille kysy- myslista, minkä jälkeen vastausten perusteella valittiin kaksi toteuttamiskelpoista ideaa.

Teoreettinen pohja työlle luotiin tarkastelemalla sähkönjakelujärjestelmää ja sen auto- maatiota. Tässä osiossa perehdyttiin perusteellisesti käytönvalvontajärjestelmään. Toi- sessa teoreettispainotteisessa osiossa tarkasteltiin historiatietokantajärjestelmää aluksi yleisellä tasolla, jonka jälkeen tarkastelussa keskityttiin SYS600 Historian -historiatieto- kantajärjestelmän teknisiin ominaisuuksiin. Tässä osuudessa käytiin läpi myös Historia- nin graafinen käyttöliittymä Vtrin.

Tarkastelujen perusteella työ antaa kattavan kuvan historiatietokannan mahdollisuuksista erityisesti päätöhen ja loistehon vertailussa. Työ antaa myös vaiheittaisen ohjeistuksen vertailuun Vtrin-käyttöliittymässä. Lisäksi työn tuloksia voi hyödyntää suunniteltaessa käytönvalvonta- ja historiatietokantaprojekteja.

AVAINSANAT: Historiatietokanta, MicroSCADA, sähkönjakeluautomaatio

UNIVERSITY OF VAASA**Faculty of technology**

Author:	Noora Riihimäki
Topic of the Thesis:	Requirements for Utilization of Historian Applications in Finnish Utilities
Supervisor:	Professor Kimmo Kauhaniemi
Instructor:	M.Sc. Håkan Hultholm
Evaluator:	Professor Timo Vekara
Degree:	Master of Science in Technology
Degree Programme:	Degree Programme in Electrical and Energy Engineering
Major:	Electricity Technology
Year of Entering the University:	2010
Year of Completing the Thesis:	2016

Pages: 67

ABSTRACT

The growth of renewable energy production and the increasing need of electrical energy will require changes in electrical systems worldwide. The solution for this is thought to be smart grids and with it the increasing automation in power grids. There are already a lot of automated systems in power grids while this thesis handles one of the newest systems that is gaining ground – history database system.

This thesis focuses on SYS600 Historian history database system which is included in ABB Oy's MicroSCADA system and the utilization of Historian applications in Finnish utilities. Benefits of history database system among the clientele are still quite vague. The purpose of the thesis was to study the needs of customers and future prospects of Historian and also to create model solutions of customer responses in Historian. The empirical part of this thesis was carried out with customer interviews, then two feasible ideas were selected on the basis of the answers.

The theoretical basis of the work was created by examining at distribution system and distribution automation. This section describes SCADA system thoroughly. In the second theoretical part the history database system was examined at a general level. After that the analysis focused on the technical characteristics of SYS600 Historian. This section also described the graphical user interface Vtrin of Historian.

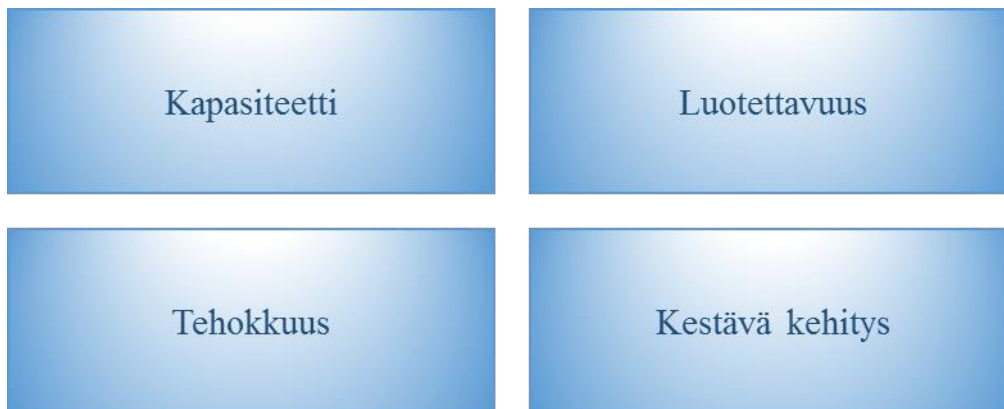
This thesis provides a comprehensive picture of possibilities of the Historian in particular in the comparison of active power and reactive power. The thesis will also provide step by step guidance to use Vtrin interface in these comparisons. In addition, the results of this thesis can be useful in planning SCADA systems and Historian projects.

KEYWORDS: History database, MicroSCADA, distribution automation

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoite

Uusiutuvan energian tuotanto tulee kasvamaan tulevaisuudessa voimakkaasti hiilidioksidipäästöjen hillitsemiseksi. Myöskin kasvava sähköenergian tarve edellyttää muutoksia sähköjärjestelmiin sekä Suomessa että maailmanlaajuisesti. Tulevaisuuden sähköjärjestelmiin kohdistuvia haasteita on esitelty kuvassa 1, jossa haasteiksi mainitaan kannattavuus, luotettavuus, tehokkuus ja kestävä kehitys. Kapasiteetissa haasteena nähdään se, miten sähkön kasvavaan kysyntään pystytään vastaamaan. Luotettavan sähköjärjestelmän takeena on laadukas sähkö ilman keskeytyksiä. Tehokkuuden parantaminen sähköntuotannossa, hävikin pienentäminen sähkön siirrossa ja jakelussa sekä energiatehokas käyttö nähdään sähköjärjestelmiin kohdistuvina haasteina. Kestävän kehityksen suurin haaste on uusiutuvan energiantuotannon liittäminen verkkoon. (ABB Oy 2016a.)



Kuva 1. Tulevaisuuden sähköjärjestelmien haasteet.

Tulevaisuuden tavoitteisiin ja niiden mukana tuleviin haasteisiin on löydetty ratkaisu – älykkäät sähköverkot. Älykkäiden sähköverkkojen on suunniteltu täyttävän yhteiskunnan neljä vaatimusta. Yksinkertaisuudessaan älykkäillä sähköverkoilla tarkoitetaan verkossa lisääntyvää automaatiota, joka parantaa verkkojen luotettavuutta ja kannattavuutta. Älyverkot sisältävät muun muassa etävalvontaa ja -ohjausta, automaattisia kytkentöjä sekä

nopeaa vianpaikannusta. (ABB Oy 2016a.) Sähköverkossamme on jo nyt paljon erilaisia automatisoituja järjestelmiä, jotka keräävät suuret määrät reaaliaikaista tietoa prosesseista. Tiedon paljous ei itsessään ole tae ongelmien ratkaisuksi ja haasteiden selvittämiseksi, vaan tietojen analysoinnilla, muuntamisella, suodattamisella ja tietojen esittämisellä on tässä tapauksessa erittäin suuri rooli. Tämän myötä informaatiotulvasta pystytään varastoinnin ja harkitun analysoinnin avulla saamaan vastauksia ongelmiin sekä tekemään oikeita ratkaisuja. Informaatiopaljouden ratkaisuksi on kehitetty historiatietokantajärjestelmä, johon tiedot talletetaan sekä siellä olevista tiedoista pystytään jalostamaan erilaisia kuvaajia ja raportteja. Historiatietokantajärjestelmä on yksi ratkaisu tulevaisuuden sähköjärjestelmiin kohdistuvien haasteiden ratkaisemiseksi, koska raporttien avulla voidaan suunnitella tulevaa esimerkiksi verkon investointeihin liittyen.

Diplomityö tehtiin Vaasan ABB Oy Grid Automation Systems -yksikköön. Diplomityön tavoitteena on tutkia ja selvittää Suomen sähköverkkoyhtiöiden mielipiteitä koskien historiasovelluksia. Tutkittavaksi historiasovellukseksi valittiin ABB Oy:n SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmä, jonka käyttömahdollisuuksia ei vielä tunneta. Diplomityössä tullaan käsittelemään muun muassa järjestelmän hyödyntämistapoja.

1.2 Työn rakenne

Luku 2 keskittyy sähkönjakelujärjestelmään ja sen automaatioon. Luvussa esitellään sähkönjakeluautomaation komponentit jaoteltuna tyypillisiin sähköaseman komponentteihin ja johtolähtöjen komponentteihin. Toisessa osassa lukua käsitellään sähkönjakelujärjestelmää sekä sähkönjakeluautomaation eri tasoja. Viimeisessä osassa lukua käsitellään aluksi käytönvalvontajärjestelmä SCADAa päätoimintojen osalta. Päätoimintojen jälkeen keskitytään ABB Oy:n MicroSCADAan. Aluksi esitellään perustietoja järjestelmästä sekä tyypillisiä käyttökohteita. Sen jälkeen paneudutaan syvemmälle järjestelmään, jolloin käsittelyssä ovat järjestelmäpalvelin ja sovellukset. Luvussa käydään läpi myös järjestelmäpalvelimen rakenne, joka rakentuu perusjärjestelmästä, tietokannoista ja perustyökaluista. Luvussa käsitellään myös tietoliikennettä prosessin ja prosessitietokannan

välillä muun muassa luettelemalla prosessikohdetyypit sekä erittelemällä prosessilaitteita. Luvun lopussa käydään vielä läpi MicroSCADA-järjestelmän keräämiä tietoja esimerkiksi sähköverkosta ja -asemilta.

Luku 3 keskittyy historiatietokantajärjestelmään. Tässä luvussa perehdytään historiatietokantajärjestelmän peruseriaatteisiin ja mahdollisuuksiin. Luvussa mainitaan tyypillisiä historiatietokantaan tallennettavan tiedon lähteitä sekä perehdytään tiedon etenemiseen prosessilta historiatietokantaan. Lisäksi luvussa käsitellään historiatietokantajärjestelmän hyötyjä sekä haasteita. Luvun toisessa osassa käsittely tarkentuu ABB Oy:n historiatietokantajärjestelmään, SYS600 Historianiin. Tässä tarkastellaan esimerkiksi mille palvelimelle historiatietokantajärjestelmä kannattaisi sijoittaa. Lisäksi tarkastellaan tiedonkulua järjestelmäpalvelimelta historiatietokantaan sekä sitä, miten tieto jalostuu tällä välillä. Tarkastelun kohteeksi pääsevät myös historiatietokantajärjestelmän tekniset ominaisuudet sekä graafinen käyttöliittymä. Luvussa perehdytään myös historiatietokantajärjestelmän sisäänrakennettuihin toiminnallisuuksiin.

Luku 4 on tutkielman tärkein osa, koska siinä esitetyn kysymyslistan avulla selvitetään sähköverkkoyhtiöiden mielipiteitä sekä ajatuksia hyödyllisistä mittauksista ja ominaisuuksista, joita historiatietokannassa on. Luvun toisessa osassa käydään läpi kyselyyn vastanneiden vastauksia, heidän ajatuksiaan sekä uusia mittausideoita, joita olisi heidän mielestään tärkeää kerätä tietokantaan.

Luvussa 5 keskitytään edellisessä luvussa mainittuihin toteuttamiskelpoisiin ideoihin. Nämä toteuttamiskelpoiset ideat ovat muuntajakohtainen loistehon suhde pätotehoon ja sen seurantahistoria sekä keskijänniteverkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin. Tässä luvussa luodaan SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmällä kuvaajia sekä mittausraportteja edellä mainituista sähköverkkoyhtiöiden ajatuksista.

Johtopäätöksissä analysoidaan lukujen 4 ja 5 tuloksia ja ratkaisuja. Tässä luvussa pohditaan, mitä tutkimuksella saavutettiin ja miten työn tuloksia pystytään hyödyntämään. Tutkielman yhteenvedossa kerrotaan, mitä diplomityössä tehtiin ja mikä on lopputulos.

1.3 ABB Oy

ABB Oy on kansainvälinen sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka toimii yli 100 eri maassa ja kaikilla mantereilla. Se työllistää maailmanlaajuisesti noin 135 000 henkilöä. Sen tuotteet, palvelut ja järjestelmät parantavat ympäristöystävällisesti teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden sekä liikenne- että infrastruktuurialojen asiakkaiden kilpailukykyä. (ABB Oy 2016a.)

ABB Oy jakautuu neljään eri divisioonaan: Discrete Automation and Motion, Electrification Products, Power Grids ja Process Automation. Grid Automation Systems -yksikkö kuuluu Power Grids divisioonaan, joka kuuluu maailman johtaviin sähkövoima- ja automaatiotuotteiden ja -järjestelmien toimittajiin, joka palvelee energiayhtiö-, teollisuus-, kuljetus- ja infrastruktuuriasiakkaita. Sen avainalueisiin lukeutuu uusiutuvien energialähteiden liittäminen sähköverkkoon, verkon eri osien hallinta, mikroverkot sekä verkostoautomaatio. Yksikkö Grid Automation Systems kehittää ja toimittaa automaatio-, ohjaus- ja valvontajärjestelmiä sähköverkon hallintaan. (ABB Oy 2016b: 5, 38.)

Suomessa ABB Oy:n toimintaa on kaikkiaan 22 paikkakunnalla, joista suurimmat tehdaskeskitymät sijaitsevat Haminassa, Helsingissä, Porvoossa ja Vaasassa. Henkilöstön määrä Suomessa on noin 5100 henkeä. (ABB Oy 2016a.)

2 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ JA SEN AUTOMAATIO

Sähkönjakelujärjestelmän tehtävänä on siirtää jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähkö tai sähkövoimansiirtojärjestelmän kautta tuleva sähkö loppukäyttäjille. Sähkönjakelujärjestelmä koostuu eri jännitetasoista ja osista, joita ovat alueverkko (110 kV ja 45 kV), sähköasemat (110/20 kV ja 45/20 kV), keskijänniteverkko (20 kV), jakelumuuntamot (20/0,4 kV) ja pienjänniteverkko (0,4 kV). (Lakervi & Partanen 2009: 11.)

Sähkönjakeluautomaatiolla tarkoitetaan yleisesti erilaisten jakeluverkostojen käyttöä, hallintaa ja valvontaa. Jakeluautomaatiossa sähkö- tai teollisuuslaitoksesta tehdään yksi järjestelmä, jonka tarkoituksena on huolehtia sähkönjakelun kaikista toiminnoista. Sovellusalueita jakeluautomaatiolle on vaihtelevasti sähkö- ja lämpöverkoista vesi- ja kaasuverkkoihin eli sähkönjakelu ei siis olekaan ainut käyttökohde. Kaikilla verkoilla automaation perustoiminnot ja -vaatimukset ovat samoja. Muun muassa automaatiolla toteutetaan erilaisia ohjauksia ja mittauksia sekä välitetään tilatietoja että hälytyksiä. (ABB Oy 2000: 1.)

2.1 Sähkönjakeluautomaation komponentit

Tässä työssä hyödynnetään Supervisory Control And Data Acquisition -järjestelmän (SCADA) historiatietokantaa. Historiatietokanta sisältää esimerkiksi verkon komponenttien mittaustietoja. Tämän vuoksi seuraavaksi käydään läpi tyypillisiä sähkönjakeluverkon komponentteja sähköasemien ja johtolähtöjen osalta.

Tyypillisiä sähköasemakomponentteja ovat:

- erottimet,
- katkaisijat,
- suojareleet,

- muuntajat ja
- kiskot.

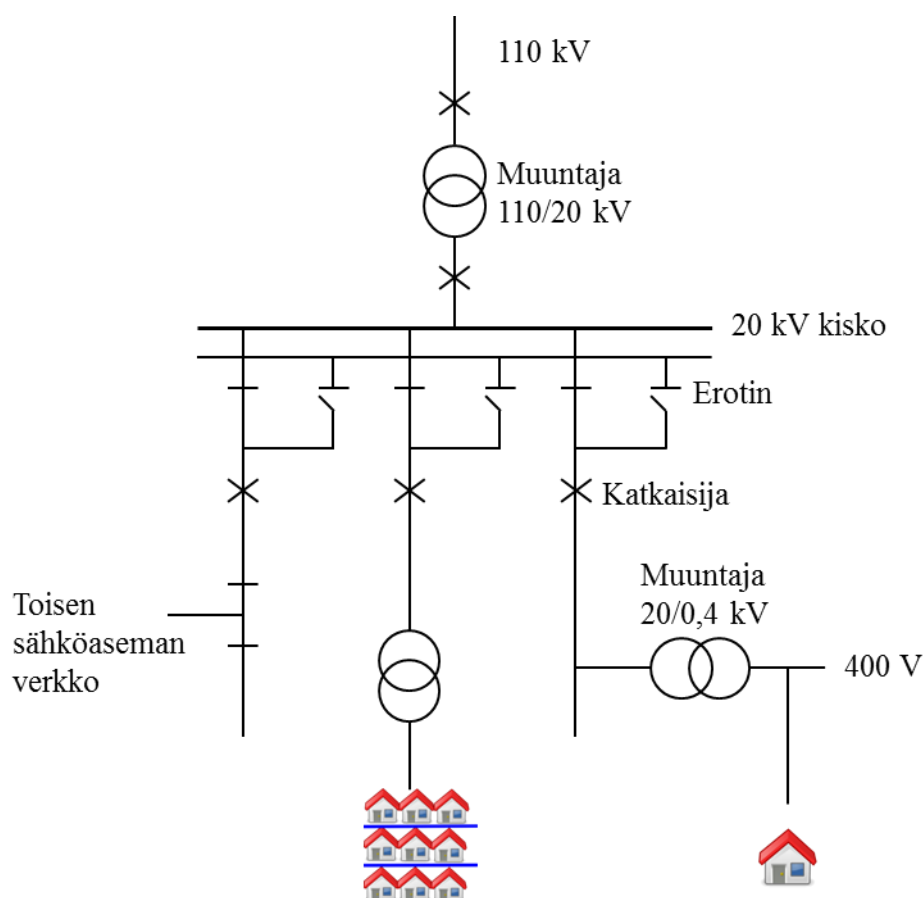
Tyypillisiä johtolähtöjen komponentteja ovat:

- ilmajohdot ja kaapelit,
- muuntamot,
- erottimet ja
- vikailmaisimet. (Hultholm 2006.)

Sähköasema on fyysinen paikka, jossa jännite muunnetaan eri jännitetasojen välillä. Sähköasemia pidetään sähköverkon solmukohtina, koska niissä sähkönsiirto voidaan jakaa eri johdoille. Katkaisijoiden tarkoituksena on katkaista vaaralliset vikavirrat, joita voivat olla esimerkiksi maasulku- tai oikosulkuvirrat, ennen kuin ne vahingoittavat järjestelmää enempää. Erottimilla ei pystytä katkaisemaan vikavirtaa, mutta erottimien avulla verkon kytkinkentät voidaan tehdä jännitteettömiksi turvallista työskentelyä varten. Johtolähtö yksinkertaisesti kuljettaa sähköenergiaa sähköasemalta keskijänniteverkkoon voimajohdossa. (Fingrid 2004 & Hultholm 2006: 3–4.)

Sähköjakelujärjestelmä sisältää edellä mainittujen laitteiden ja järjestelmien lisäksi muitakin laitteita ja järjestelmiä. Ne kuuluvat niin kutsuttuihin sekundäärilaitteisiin ja -järjestelmiin. Näitä ovat esimerkiksi sähköasemilla apujännitejärjestelmät, käyttökeskuksissa käytössä olevat käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, tiedonsiirtojärjestelmät, radiopuhelinjärjestelmät sekä muut laajat tietojärjestelmät, kuten verkko- ja asiakastietojärjestelmät. (Lakervi ja Partanen 2009: 11.)

Kuvassa 2 on esitetty sähköjakeluverkon pääkaavio, johon on sijoitettu edelle esitelty sähköaseman komponentit.



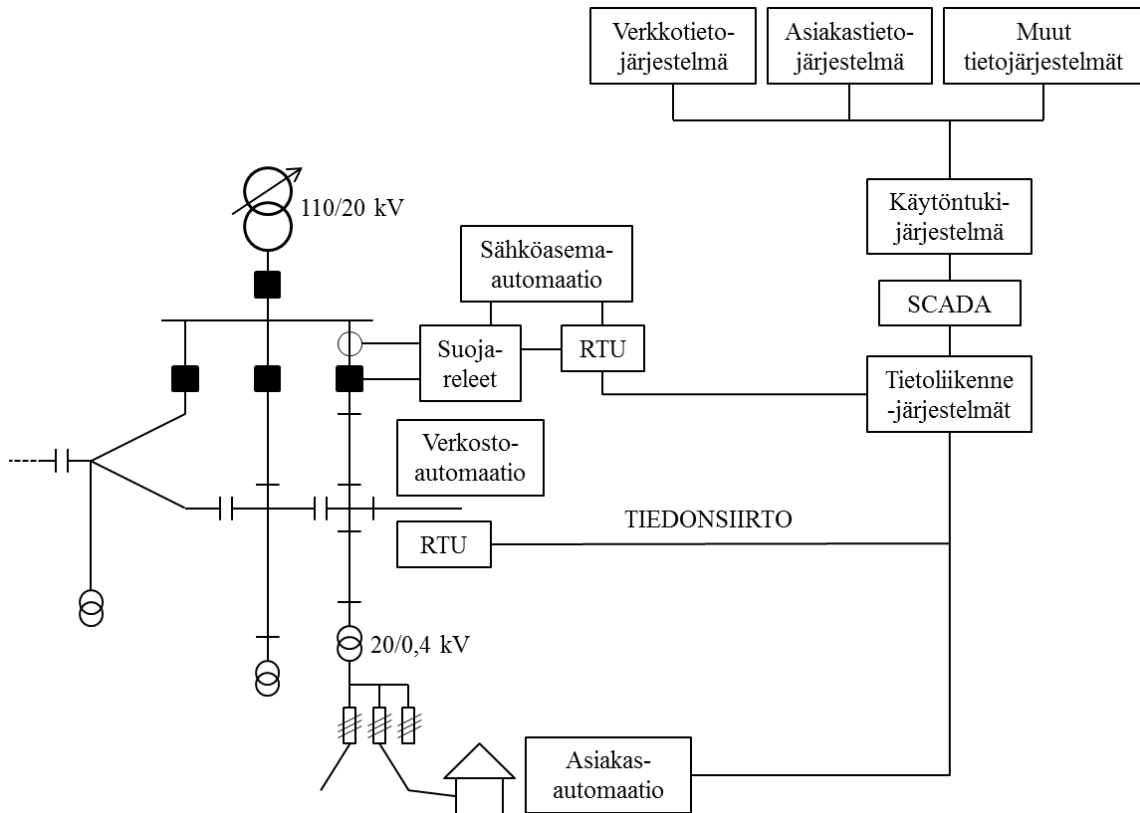
Kuva 2. Sähkönjakeluverkon pääkaavio.

2.2 Sähkönjakeluautomaatiojärjestelmä

Sähkönjakeluautomaatio painottuu keskijänniteverkkoon ja erityisesti keskijänniteverkon sähkönjakelun valvontaan, ohjaukseen, optimointiin ja suojaukseen. Näitä pyritään kehittämään koko ajan, jotta sähkönjakelu olisi luotettavaa ja turvallista. Lisäksi tavoitteena on suorituskyvyn parantaminen sähkönjakeluprosesseissa. (ABB Oy 2005: 1.)

Sähkönjakeluautomaatio voidaan jakaa yhtiö-, valvomo-, sähköasema-, verkosto- ja asiakasautomaatioon. Automaatiotoimintojen käytön edellytyksenä on laaja tiedonsiirtotekniikan ja tiedonsiirtojärjestelmien hallinta. Kuvassa 3 on esitetty sähkönjakeluautomaation eri tasot ja käyttötoimintojen apuvälineet. Kuvassa esiintyy termi Remote Terminal

Unit (RTU), joka tarkoittaa tiedonsiirtoyksikköä. RTU-tiedonsiirtoyksikön avulla voidaan liittää esimerkiksi sähköasema tiedonsiirtojärjestelmään. Seuraavaksi käydään läpi eri automaatiotasot. (Lakervi & Partanen 2009: 233.)



Kuva 3. Sähkönjakeluautomaation eri tasot. (Lakervi & Partanen 2009: 233.)

Yhtiötasolla automaatiotoimintojen pohjana ovat erilaiset tietojärjestelmät, niiden sisältämien tietojen ja sovellusten hyödyntäminen. Tietojärjestelmiä ovat verkkotietojärjestelmä, asiakastietojärjestelmä, käytönvalvontajärjestelmä (SCADA) ja käytöntukijärjestelmä. Keskeisimpiä toiminnallisuuksia tietojärjestelmissä ovat varayhteyksien ja suojausten suunnittelu, työkeskeytysten kytkentöihin liittyvä suunnittelu sekä mittaustietokantojen hallinta esimerkiksi kuluttajien energiamittaustietojen osalta. (Lakervi & Partanen 2009: 234.)

Valvomotasolla esimerkiksi verkkoyhtiöiden valvomoissa on käytössä käytöntuki- ja käytönvalvontajärjestelmät. Niiden avulla seurataan verkon tilaa, hallitaan häiriötilanteita

ja ohjataan verkon toimintoja. Käytönvalvontajärjestelmästä kerrotaan lisää kappaleessa 2.3. (Lakervi & Partanen 2009: 234.)

Sähköasematasolla automaatio sisältää suojareleiden toiminnan, erilaisia virta- ja jännitemittauksia, kytkinlaitteiden ohjauksia ja käämikytkimellä suoritettavan jännitteen säädön. Lisäksi sähköasema-automaatio voi sisältää erilaisia valmiita kytkentäsekvenssejä, joita voidaan käyttää esimerkiksi huoltilanteissa. Sähköasemalla voi olla myös mahdollisuus paikallisen SCADA-järjestelmän käyttöön. (Lakervi & Partanen 2009: 234–235.)

Verkostoautomaatiotasoa sisältää erottimien kauko-ohjauksen, verkon virta- ja jännitemittauksien toteutuksen sekä vianilmaisimien tiedonsiirron. Verkostoautomaatio saattaa sisältää myös joitain paikallisesti tapahtuvia itsenäisiä toimintoja. Esimerkki tällaisesta on viallisen haarajohdon erottaminen verkosta aikajälleenkytkennän aikana. (Lakervi & Partanen 2009: 235.)

Asiakasautomaatiotasoa sisältää toimintoja tariffiohjaukseen, energiatietojen kaukoluentaan sekä kuormitusten ohjaukseen ja kytkentään. Kuormitusten kytkennällä tarkoitetaan verkkoyhtiöiden tapauksessa esimerkiksi tilannetta, jossa asiakkaan pyynnöstä vapaaajan asunnon lämmityksen päälle- ja poiskytkeminen hoituu verkkoyhtiön kautta tällaisena kuormituksen kytkentäpalveluna. Kuormitusten ohjauksella tarkoitetaan toimintoja, joiden avulla sähkönkuluttajan kuormituksia lyhytkestoisesti pienennetään esimerkiksi kulutushuippujen aikana. (Lakervi & Partanen 2009: 235.)

2.3 Käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADA

Enenevässä määrin sähkönjakeluverkkoon lisätään automaatiota. Automatisoinnilla on monia hyötyjä. Se muun muassa säästää kustannuksia. Automatisoinnin avulla voidaan parantaa verkon käyttöastetta ja käytettävyyttä sekä lisäämään verkon luotettavuutta. Nämä syyt ovat muun muassa niitä, minkä vuoksi käytönvalvontajärjestelmän käyttöä ja käyttökohteita halutaan lisätä ja laajentaa.

Seuraavaksi käydään läpi käytönvalvontajärjestelmän toimintaa ja periaatteita sekä sisältöä. Lisäksi perehdytään MicroSCADA-järjestelmään ja sen toimintatapoihin. Erityisesti keskitytään MicroSCADA-järjestelmän sovelluksiin ja verkosta kerättäviin mittauksiin.

2.3.1 Keskeisimmät toiminnot

Käytönvalvontajärjestelmä SCADA on tärkeä järjestelmä sähköverkossa, koska sen tehtävänä on sähköjakeluverkon reaaliaikainen valvominen. SCADA-järjestelmän päätöimintoja ovat:

- tapahtumatietojen hallinta,
- verkon kytkentätilanteen hallinta,
- kauko-ohjaaminen,
- kaukomittaaminen,
- kaukoasettelut ja
- raportointi.

Lakervi ja Partanen (2009: 235) määrittelevät SCADAn tietojärjestelmäksi, joka sisältää varmennetut tietokoneet, sovellusohjelmat, laadukkaat käyttöliittymät ja liittynät tiedonsiirtojärjestelmiin. Se on prosessitietokone, joka toimii sähköjakelussa reaaliaikaisesti ja jonka avulla saadaan ajantasainen tieto sähköjakeluprosesseista. SCADA-järjestelmän kautta suoritetaan monia kriittisiä toimintoja ja tämän vuoksi järjestelmän toiminnalle asetetaan korkeat luotettavuusvaatimukset. Järjestelmän on siksi toimittava häiriötilanteissa, vaikka kaikki muut toiminnot olisivat häiriintyneet. Esimerkki suuresta häiriötilanteesta on pitkä sähkökatkos ja sen aiheuttamat julkisen puolen tietoliikenneyhteyksien häiriöt. Luotettavuusvaatimuksien takia tietokonelaitteistot ovat kahdennettuja. Tällä tarkoitetaan sitä tilannetta, kun toinen tietokone vikaantuu, hallinta siirtyy välittömästi toiselle tietokoneelle. SCADA-järjestelmä sisältää tarkasti kuvattuina sähköasemat ja niiden laitteistot. Järjestelmä ei kuitenkaan sisällä tarkkoja tietoja asiakkaista, kuormituksista, pien- ja keskijänniteverkon komponenteista.

2.3.2 Perusteet ja käyttökohteet

MicroSCADA on ABB Oy:n valmistama käytönvalvontajärjestelmä, jolla on mahdollisuus valvoa ja ohjata muun muassa koko sähkö- ja kaukolämpöverkkoa. Siihen on sisällytetty sekä ohjaus-, suojaus-, raportointi- että erilaisia optimointitoimintoja.

MicroSCADA on mikrotietokonepohjainen, ohjelmoitavissa oleva sekä hajautettu valvonta- ja käytönohjausjärjestelmä. Järjestelmän ohjelmoitavuus perustuu siihen, että kaikki sovellukset ja järjestelmän konfiguroinnit on rakennettu Supervisory Control Implementation Language -ohjelmointikielellä (SCIL). Hajautetun ja avoimen järjestelmä-rakenteen vuoksi liitännät muihin järjestelmiin ovat mahdollisia. Tyypillisimmistä tukiohjelmistoista voidaan mainita muun muassa verkkotietojärjestelmä, asiakastietojärjestelmä, käytöntukijärjestelmä ja energianhallintajärjestelmä. (ABB Oy 2000: 6–8; ABB Oy 2004: 7.)

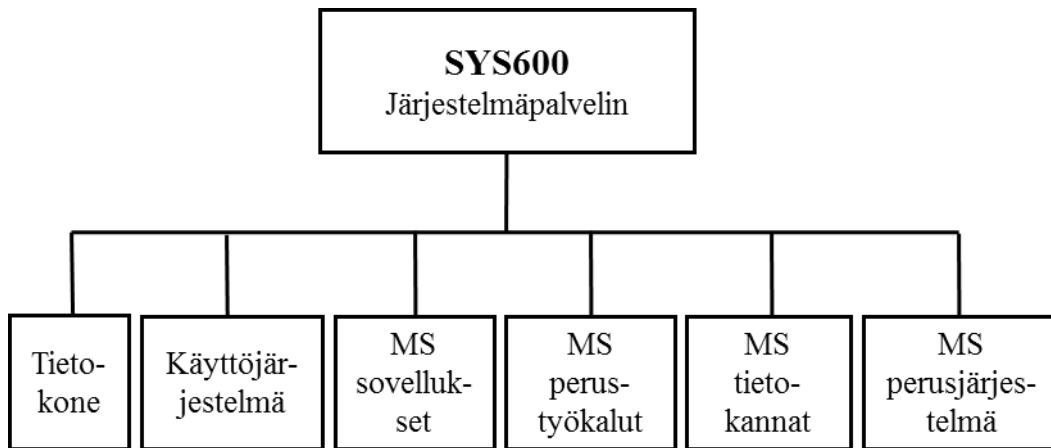
MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän tyypillisimpiä sähkönsiirtoon ja sähkönjakeeluun liittyviä sovelluskohteita ovat sähkö- ja kaukolämpöverkkojen kaukokäyttö, energian hallinta, sähköasema- ja verkostoautomaatio, automaattinen mittarien etäluenta ja lämpökeskusautomaatio. MicroSCADA soveltuu myös muualle kuin sähkönsiirtoon ja -jakeluun. Tällaisia käyttökohteita ovat muun muassa jätevesienpuhdistamot, erilaiset teollisuusprosessit, öljyn ja kaasun käytönohjaus- ja valvontajärjestelmät. (ABB Oy 2000: 8; ABB Oy 2004: 7.)

2.3.3 Järjestelmäpalvelin ja sovellukset

MicroSCADA-järjestelmän ydin on tietokonepohjainen SYS600-järjestelmäpalvelin, jonka ympärille suurin osa toiminnallisuuksista rakennetaan. Sillä on tärkeä rooli tiedonkeruussa ja raportoinnissa, koska kaikki kenttälaitteilta ja asemilta kerätyt tiedot siirretään järjestelmäpalvelimelle tietokantoihin. Sieltä tiedot voidaan muuntaa haluttuun muotoon, esimerkiksi raporteiksi. Lisäksi tiedot voidaan lukea ulkopuoliseen järjestelmään. Järjestelmäpalvelin sisältää kaiken kaikkiaan tiedon hankintaan, hallintaan ja valvontaan liitty-

vät toiminnot sekä tarvittavat välineet tiedonsiirtoon. Järjestelmäpalvelimen ominaisuuksia ovat esimerkiksi prosessien ohjaus ja valvonta, hälytyksien ja tapahtumien käsittely, laskelmiin perustuva raportointi, pääsy prosessia ja järjestelmää koskevaan tietoon, ajan- tasainen dokumentaatio ja tiedon syöttö. (ABB Oy 2004: 13–14; ABB Oy 2007b: 15–16.)

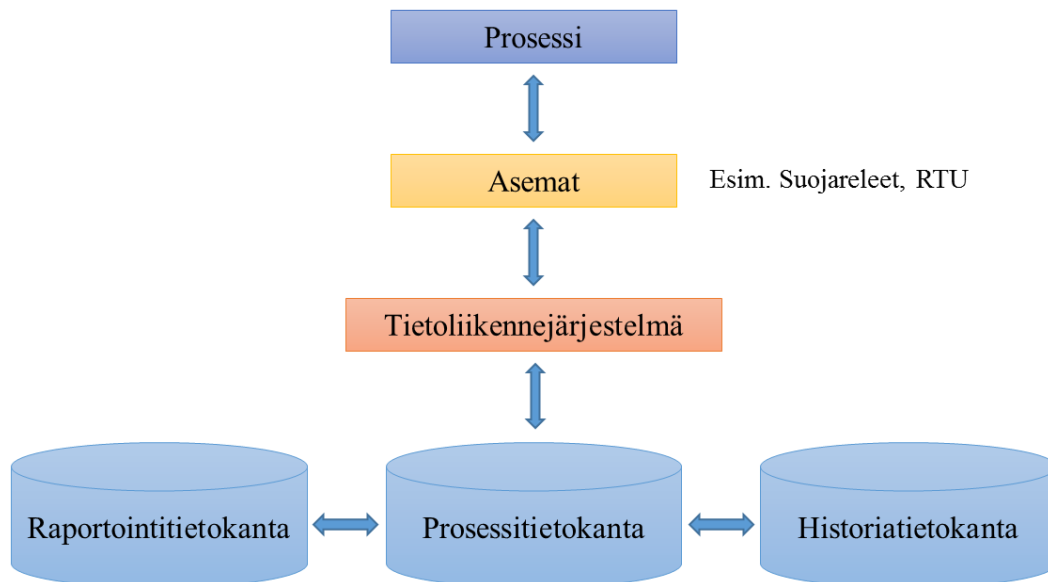
Järjestelmäpalvelin sisältää MicroSCADA-järjestelmän perusjärjestelmän, tietokannat, perustyökalut ja järjestelmäkohtaiset sovellukset. Kuvassa 4 on esitetty järjestelmäpalvelimeen sisällytetyt komponentit. Siinä lyhenteellä *MS* tarkoitetaan MicroSCADAa. (ABB Oy 2004: 13–14.)



Kuva 4. SYS600-järjestelmäpalvelimen komponentit (ABB Oy 2004: 14).

Järjestelmäpalvelin rakentuu erilaisista toimintakerroksista. Käyttöjärjestelmän päälle rakennettu perusjärjestelmä ajaa sovelluksia, kerää valvottavan prosessin tiedot ja tallentaa tiedot tietokantaan. Asiakkaan tarpeet ja valvottavan prosessin toiminnot yhdessä määrittelevät perusjärjestelmän sovelluksien sisällön. Jokainen sovellus on tehty jotain tiettyä toimintoa tai prosessia varten. Näiden sovellusohjelmistojen konfiguroinnilla määritetään MicroSCADA-järjestelmän todellinen luonne, miten se toimii sekä käytönvalvonta- että ohjausjärjestelmänä. Perusjärjestelmä voi ajaa yhtä tai useampaa sovellusta samanaikaisesti. Järjestelmäpalvelin sisältää jokaisen sovelluksen omat hakemistot ja tietokannat. (ABB Oy 2004: 14–15).

Sovellusohjelmistojen tärkein osa tiedonkeruun ja raportoinnin näkökulmasta ovat tietokannat. Jokainen sovellusohjelmisto pitää sisällään prosessi-, raportointi- ja historiatietokannat. Prosessitietokantaa käytetään prosessin valvontaan, kun taas raportointitietokantaa käytetään esimerkiksi tiedon varastointiin, laskelmiin ja automaattisiin toimintoihin. Historiatietokantaa pidetään pohjana tapahtumalistalle. Prosessitietokanta sisältää prosessikohteet, tapahtumien hallintaan liittyvät kohteet, skaalaukset sekä muut kohteet. Prosessitietokanta myös rekisteröi sisään ja ulostulevat prosessisignaalit. Jokaisessa sovelluksessa voi olla ainoastaan yksi prosessitietokanta ja yksi raportointitietokanta. Tietoliikenne prosessista perusjärjestelmään saakka kulkee aina prosessitietokannan kautta kuvan 5 mukaisesti. (ABB Oy 2004: 15–18; ABB Oy 2015a: 15.)



Kuva 5. Prosessin ja tietokantojen välinen tietoliikenne. Mukailtu lähteestä (ABB Oy 2004: 16).

MicroSCADA on oliopohjainen järjestelmä ja tämän vuoksi se rakentuu kolmenlaisista olioista, joita kutsutaan kohteiksi: käyttöliittymäkohteet, sovelluskohteet ja järjestelmäkohteet. Jokainen järjestelmässä oleva kohde on itsenäinen ohjelmitava kokonaisuus, jolla on jokin oma tehtävänsä. Käyttöliittymäkohteet muodostavat järjestelmän graafisen käyttöliittymän, kun taas sovelluskohteiden tehtävä on suorittaa erilaisia prosesseja. So-

velluskohteiden avulla määritetään konfiguraatio ja kommunikaatio MicroSCADA-järjestelmässä. Sovelluskohteet voivat olla muun muassa prosessin datakuvauksia, ohjausohjelmia, raporttitietoja ja aktivointimekanismeja. Sovelluskohteita on yksitoista erilaista tyyppiä: prosessikohteet, tapahtumien hallintaan liittyvät kohteet, skaalaukset, datakohteet, komentoproseduurit, aikakanavat, tapahtumakanavat, kirjautumisprofiilit, tapahtumakohteet, tyyppimäärittelykohteet ja muuttujakohteet. Tässä työssä käsitellään vain prosessikohteita. (ABB Oy 2004: 20–21; ABB Oy 2015a: 11–12.)

Prosessikohteet kuvaavat todellisia prosessilaitteita, kuten katkaisijoita, erottimia, kytkimiä, releitä, sensoreita, antureita ja regulaattoreita. Ne valvovat prosessin tilaa ja ohjaavat asematasolta prosessilaitteille lähetettyjä signaaleita. Niitä laitteita, joiden kanssa MicroSCADA-järjestelmä kommunikoi suoraan, kutsutaan asemiksi. Yleensä jokaista asemien tulo- ja lähtöliityntää edustaa MicroSCADA-järjestelmän prosessitietokannassa yksi prosessikohde. Prosessikohteet toimivat ohjausjärjestelmän ja ohjattavan prosessin välisinä yhteyksinä. Prosessikohde sisältää prosessitiedot, erilaiset merkinnät, jotka liittyvät tietoihin ja hälytystilan tiedot. Se sisältää lisäksi toiminnallisia määrittelyitä, kuten mittakaavan määrittelyt ja automaattisen aktivoinnin määrittelyt. (ABB Oy 2015a: 25.)

Prosessikohteita on erilaisia. Tietyn prosessikohteen tyyppi riippuu vastaavan aseman tulo- tai lähtöliitynnästä. MicroSCADA tukee kahtatoista erilaista ja ennalta määrättyä prosessikohdetyyppiä. Lisäksi sovelluskäyttäjä voi määrittää 156 erilaista käyttäjämääritettyä tyyppiä. Ennalta määrätty prosessikohdetyypit ovat:

- analogiatulo,
- binääritulo,
- digitaalitulo,
- nelikriteeritieto,
- pulssilaskuri,
- analogialähtö,

- binäärilähtö,
- digitaalilähtö,
- bittivirta,
- tiedoston siirto,
- OPC-tapahtuma (tulo) ja
- verkon topologia. (ABB Oy 2015a: 26–27.)

2.3.4 Mittaukset

Sähköverkosta ja sähköasemista kerätään paljon erilaista tietoa paikallis- ja kaukokäyttöjärjestelmille. Jotta mittauksien suorittaminen ja tiedon siirtäminen sähköasemilta MicroSCADA-järjestelmään on mahdollista, tarvitaan älykkäät elektroniikkalaitteet antureiksi. Perinteisiä kaukovalvontajärjestelmän antureita ovat mikroprosessiohjatut releet, älykkäät mittarit, kennotermiinaalit, hälytyskeskukset, ohjausyksiköt ja ohjelmoitavat logiikat. Edellä mainitut komponentit voivat kommunikoida keskenään sähköasematasolla, jolloin näihin laitteisiin liittyvää tietoa saadaan muiden järjestelmään liitettyjen laitteiden käyttöön, koska laitteet on kytketty yhteiseen asematason kommunikaatioväylään. Asematason kommunikaatioväylä liittyy sähköaseman sisällä kaikki johtolähtötason laitteet ja hälytysyksiköt sekä paikallisen valvontajärjestelmän toisiinsa. Tämän ansiosta pystytään helposti siirtämään alemmalta johtolähtötasolta ylemmälle asematasolle tai suoraan MicroSCADA-järjestelmään saakka tarpeelliseksi katsottuja tietoja, kuten mittauksia ja tilatietoja, tiedonsiirtoväylän ja tiedonvälityslaitteen avulla. (ABB 2000 Oy: 9.)

Verkon tiedonkeruukomponenteilta saatavia mittaus- ja tapahtumatietoja ovat: aikaleimatut tapahtumatiedot, sähköisten suureiden mittaustiedot, kytkinlaitteiden asennonositustiedot, hälytystiedot, digitaalisääntulojen arvot, valvontalaskurit, laitteiden asettelu- ja parametritiedot sekä häiriötilanteissa rekisteröidyt tiedot. Jokaiselta laitteelta saadaan

tapahtumaviesti, josta ilmenee havahtuminen, laukaisu ja käynnistys ja niin edelleen. Tapahtumat järjestetään aikajärjestykseen, jolloin tiedon jatkojalostaminen ja tutkiminen on helpompaa. Tyypillisimpiä mittauksia MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmässä ovat sähköasemien kiskojännitteet ja kiskojen nollajännitteet sekä johtolähtöjen virta-, teho- ja loistehomittaukset. Päämuuntajilta monesti mitataan teho- ja loisteho- ja virtamittaukset. Lisäksi esimerkkinä sähköasemilta tulevista tiedoista, jotka menevät käytönvalvontajärjestelmään, ovat katkaisijoiden ja erottimien tilatiedot, releiden havahtumis- ja laukaisutiedot, suojaustiedot sekä käämikytkimien asentotiedot. (ABB Oy 2000: 9–10; Forsström 2007: 38–39.)

3 HISTORIATIETOKANTAJÄRJESTELMÄ

Sähkön laadulla on suuri merkitys kuluttajalle ja etenkin laadun huonous tulee esille monesti liian myöhään. Sähkön laatu on lisäksi merkittävä tekijä tuotantoprosesseissa, jotta toimivuus olisi moitteetonta. Ongelmia voi kuitenkin aiheutua monista eri syistä. Yleisimmin ongelmat johtuvat virta- tai jännitepiikeistä, yliaalloista sekä jännitetason vaihteluista. (ABB Oy 2000.) Tämän vuoksi on hyvin tärkeää kerätä verkosta esimerkiksi sähkölaadun mittausdataa ja tallentaa se niille tarkoitettuun tietokantaan jatkojalostusta silmällä pitäen.

Automatisoidut järjestelmät keräävät valtavat määrät reaaliaikaista tietoa prosessista. Pelkkä suuri määrä tietoa ei ratkaise ongelmia, vaan vasta tietojen analysoinnin, muuntamisen, suodattamisen ja tiedon näyttämisen jälkeen tietoja pystytään esimerkiksi vertaamaan ennalta arvioituun suorituskykyyn ja liipaisuarvoihin. Valtavasta informaatiotulvasta pystytään varastoinnin ja analysoinnin avulla tunnistamaan mahdollisia ongelma-alueita ja hankkimaan ratkaisuja. Yksi ratkaisu reaaliaikaisen tiedon varastointiin ja jatkokutkimiseen on historiatietokantajärjestelmä. (ABB Oy 2007a: 1.)

Prosessista kerättyjä tietoja voidaan hyödyntää monella tavalla. Mah, Tamhane, Tung ja Patel (1995: 1) luettelevat potentiaalisina käyttökohteina kerätylle tiedolle:

1. **Haitalliset tapahtumat.** Kun tiedot kerätään tapahtumalistaan, vian syy pystytään diagnosoimaan. Tapahtumalistan ja diagnosoinnin pohjalta valitaan korjaavat toimenpiteet.
2. **Normaalikäyttö.** Normaalikäytöllä valvotaan prosessin kuvaajia ja tilaa prosessikäytön eri tasoilla.
3. **Käynnistysvaihe.** Kuvaajien reaaliaikainen seuraaminen ja lisäksi useiden pisteiden vertaileminen testiraporttien kanssa on mahdollista.

4. **Huolto.** Prosessin vikatilanteet pystytään havaitsemaan, diagnosoimaan ja ennakkoimaan käyttämällä kuvaajien aikaleimausta.
5. **Innovaatio.** Prosessin toimintaa pystytään parantamaan vertailemalla toimintaa prosessin historiatietoihin.
6. **Koulutus.** Skenaarioiden systemaattista analysointia ja vaihtoehtoisten toimintastrategioiden tutkimista voidaan käyttää operaattorien koulutuksessa.
7. **Sääntely.** Kerätty tieto tarjoaa järkevän perustan säännösten ja ohjeiden kehittämiseksi.

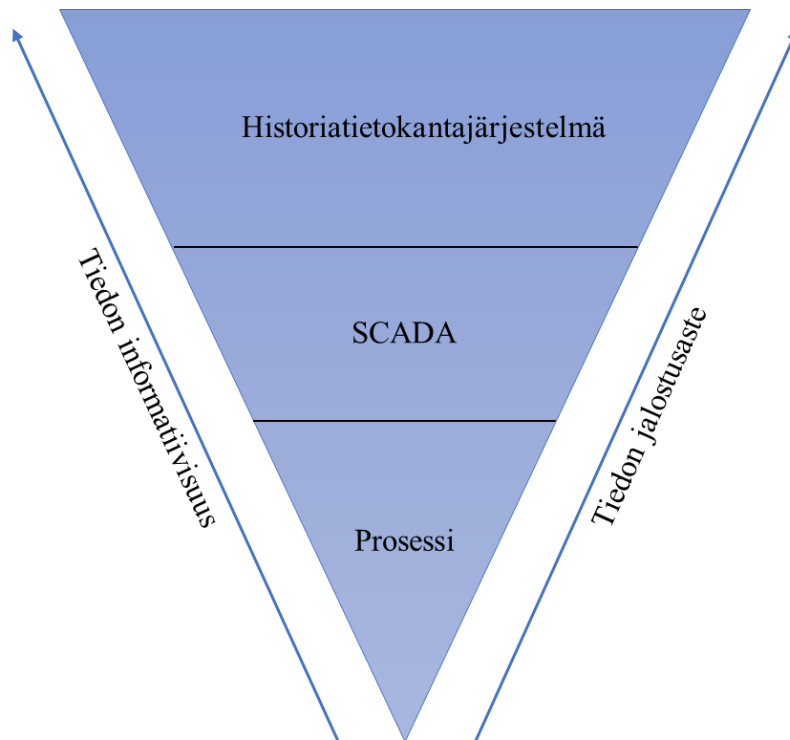
Tässä luvussa käsitellään historiatietokantajärjestelmää yleisellä tasolla. Lisäksi perehdytään ABB Oy:n kehittämään SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmään ja sen ominaisuuksiin mukaan lukien graafiseen käyttöliittymään Vtrin:iin.

3.1 Järjestelmän yleiset ominaisuudet

Historiatietokantajärjestelmä on valjastettu keräämään tietoja siitä, mitä on tapahtunut aikaisemmin prosessissa. Jotta tällainen toiminta on mahdollista, historiatietokantajärjestelmä koostuu monesti kahdesta komponentista, tietokannasta, johon tiedot tallennetaan, ja graafisesta käyttöliittymästä tai raportointityökalusta, joiden avulla järjestelmän keräämät tiedot esitetään. Nämä kaksi komponenttia on monesti tarkoitettu toimimaan yhdessä. Lisäksi ne on yleensä optimoitu tarkasti erityistehtäviinsä. Tietokanta on yleensä suunniteltu niin, että se käsittelee ajallista tietoa, jolla tarkoitetaan sitä, että mittaus tieto ja aikaleima kuuluvat samaan pakettiin. Lisäksi tietokannat sisältävät monesti algoritmin tietojen pakkaamiseksi, jotta tarvittava tila pienenee. Tavalliseen tietokantajärjestelmään verrattuna historiatietokantajärjestelmä tekee tiedon kanssa enemmän kuin vain tallentaa sen. Järjestelmässä on myös sisäänrakennettuja ominaisuuksia, kuten summa, keskiarvo, mak-

simi ja minimi, joilla voidaan suorittaa laskutoimituksia. Lisäksi kehittyneillä historiatietokantajärjestelmillä on tuki muun muassa tilastolliseen analysointiin ja laskentamoduuleihin.

Tyypillisiä historiatietokantajärjestelmään tallennettavan tiedon lähteitä ovat muun muassa SCADA-järjestelmien tietokannat, hajautetut prosessiohjausjärjestelmät, ohjelmoitavat logiikat, ala-asetat, kauko-ohjattavat erotinasemat ja niin edelleen. Keskitytään kuitenkin sähköverkkoon ja sieltä kerättyyn tietoon, jolloin historiatietokantajärjestelmä kerää suuria määriä tietoa joko säännöllisesti tai esimerkiksi verkossa tapahtuneen laukaisun jälkeen. Raakadataa tallennetaan SCADA-järjestelmään eri lähteistä koko järjestelmän alueelta. Raakadatala tarkoitetaan tietoja, jotka tuodaan historiatietokantaan täysin käsittelemättömänä. SCADA-järjestelmästä tiedot siirretään historiatietokantajärjestelmään, jonka päätarkoituksena on kerätä ja varastoida hyödyllistä tietoa, joiden avulla pystytään valvomaan prosessin etenemistä. Kerätyt tiedot voivat olla joko analogisia tai digitaalisia prosessitietoja, mittauksitietoja, tapahtuma- ja hälytystietoja, sähköasema- ja ala-asetatietoja sekä suunnittelutietoja. Kuvassa 6 on esitelty kärjellään seisova kolmio, jossa pohjalla on prosessi, josta raakadataa kerätään. Tässä vaiheessa tietoja on vähiten ja sitä ei ole analysoitu. Seuraavaksi tieto kulkeutuu SCADA-järjestelmään, jossa tietojen avulla voidaan laskea jo joitain arvoja. Tämän mallin mukaan suurin osa tiedoista on saatavilla historiatietokantajärjestelmässä, joka on kolmion päällimmäinen kerros. Kun edetään prosessilta historiatietokantaan, historiatietokantajärjestelmä on tiedon viimeinen sijainti, jossa sitä pystytään analysoimaan lisää esimerkiksi tilastollisilla arvioinneilla, tehokkuuslaskelmilla ja ympäristövaikutteisilla arvoilla. Tämän seurauksena tietoa on käytettävissä eniten juuri historiatietokannassa. Mitä pidemmälle prosessilta edetään, sitä enemmän tiedon informatiivisuus ja jalostusaste kasvavat. (Jankowski, Davis, Holmes & Kemper 2011: 2, 5–6; Siemens 2016.)



Kuva 6. Tiedon eteneminen prosessilta historiatietokantajärjestelmään. Mukailtu lähteestä (Jankowski ym. 2011: 6).

Historiatietokantajärjestelmän graafinen käyttöliittymä sisältää yleensä raportointityökalun, jota käytetään raporttien luontiin. Raportit luodaan tiedoista, jotka saadaan historiatietokannasta. Kehittyneissä tietokantajärjestelmissä raportit pystytään luomaan hyvin esimerkiksi tunnetulla Microsoft Excel -työkalulla. Raportointityökalussa on lisäksi valmiita mallipohjia, joita voidaan käyttää nopeuttaakseen raportin luontia. Tälle on myös vapaavalintaisia asetuksia, esimerkiksi ennalta ajastettuja raporttien luonteja tai tietyn komponentin laukaistessa tehdään raportti automaattisesti. Modernilla historiatietokantajärjestelmällä on lisäksi ominaisuus, jonka avulla luodut tiedot voidaan automaattisesti julkaista Internet-palvelimella. (Hultholm 2006: 5.)

Historiatietokantajärjestelmällä on paljon hyötyjä. Käytönvalvontajärjestelmä on kustannustehokkaampi, kun käytössä on historiatietokantajärjestelmä, koska suurien tietomäärien varastointi onnistuu ja tietoa voidaan analysoida ja jalostaa sekä hyödyntää esimerkiksi verkon suunnitteluun ja parantamiseen. Lisäksi historiatietokantajärjestelmän avulla voidaan lisätä prosessin käyttäytymisen ymmärtämistä, parantaa tietojen käytettävyyttä

sekä jopa kehittää itse prosessia. Sen avulla pystytään luomaan taloudellisia säästöjä. Historiatietokantajärjestelmän olemassaolo lisäksi parantaa verkon luotettavuutta, turvallisuutta, kannattavuutta sekä asiakastyytyväisyyttä. Historiatietokanta mukautuu moniin tarkoituksiin; muun muassa aikataulus-, johtamis-, kirjanpito- ja muihin yrityksen tietojärjestelmiksi sekä prosessien että laitosten suorituskyvyn monitorointi- ja hallintajärjestelmäksi. Historiatietokantajärjestelmän avulla pystytään esimerkiksi ennaltaehkäisemään vikoja ja suunnittelemaan ennalta huoltotoimenpiteitä. (ABB Oy 2007a: 1; Toporek & Hutchings 2011: 1; Siemens 2016.)

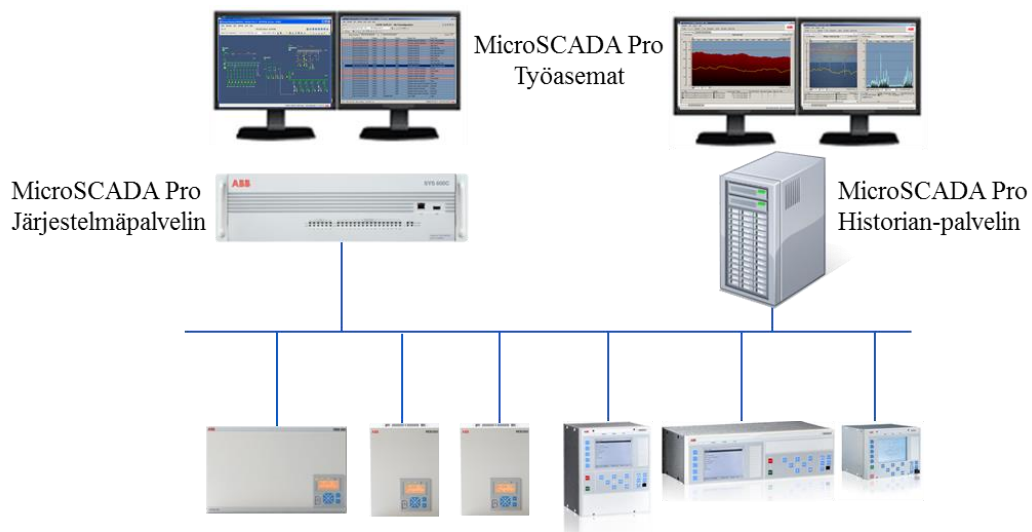
Tietojen keräämisessä on myös haasteensa. Vaikka ajatellaan, että kaikki mahdollinen tieto on hyvä kerätä ja varastoida, asia ei välttämättä ole näin. McHann (2013: 1–4) kyseenalaistaa sen, kuinka paljon tietoa oikeasti tarvitaan. Mitä enemmän tietoa on, sitä enemmän sitä tulee säilyttää ja se aiheuttaa yhä enemmän kustannuksia. Tämän vuoksi on tärkeää pohtia, mitä kaikkia mittauksia todella tarvitaan ja mitä kerätään, jotta tietoja pystytään hyödyntämään kustannustehokkaasti, koska SCADA-järjestelmän resurssien ansiosta tietoa voi kerätä loputtoman paljon. Siksi pohdinnan arvoinen asia tietojen keräämisessä on se, kuinka paljon oikeasti tarvitaan tietoja ja mitä tietoja, mihin kaikki tiedot varastoidaan, miten tiedot hallitaan ja miten se kaikki tieto vaikuttaa organisaatioon. Kysymykseksi nouseekin se, mikä tieto on hyödyllistä. Tätä on syytä ajatella jokaisen järjestelmän kohdalla erikseen. Tämän vuoksi suurimmiksi haasteiksi kohoaa tehokas tiedonkeruu sekä pitkien aikavälien suurien tietomäärien tallennus. Lisäksi on ajateltu, että neljä tärkeintä teknisesti määriteltävää asiaa reaaliaikaisen tiedon tallennuksessa ja hallinnassa ovat tietojen vaatima tallennustila, tietojen tarkkuusvaatimukset, tiedon tallennusnopeus tietokantaan ja tiedon lukunopeus tietokannasta (Aspentech 2000: 6).

3.2 Historian-historiatietokantajärjestelmä

SYS600 Historian on historiatietokantajärjestelmä, jota käytetään tiedon keräämisessä MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmästä. Tietokantajärjestelmä on ABB Oy:n kehittämä ja perustuu Real Time Database -tietokantaan (RTDB). Järjestelmän keräämää tietoa voidaan jalostaa erilaisin menetelmin. Tiedot voidaan visuaalisesti esittää kuvaajina

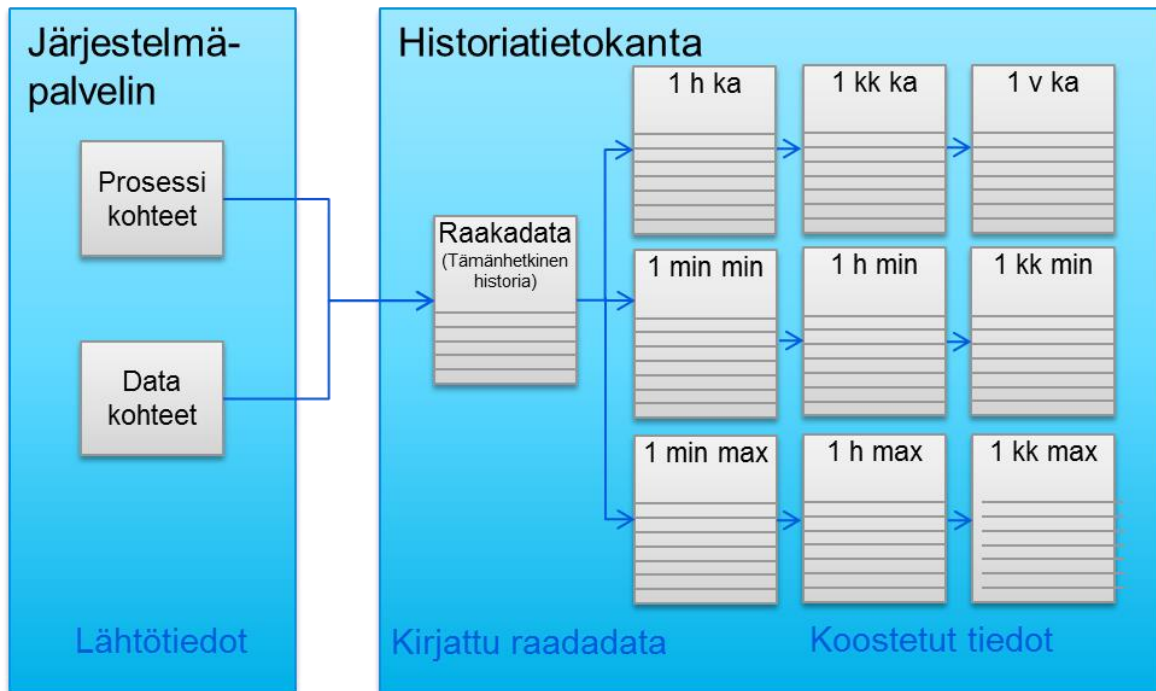
ja kaaviokuvina ja lisäksi voidaan luoda raportteja, jotka pohjautuvat kerättyyn tietoon. Historiana käytetään erillisen käyttöliittymän avulla, joka on nimeltään Vtrin. (ABB Oy 2014: 9.)

Historian toimii yhdessä MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän kanssa. Tyypillisesti historiatietokantajärjestelmä sijoitetaan omalle palvelimelleen, josta esimerkki on esitetty kuvassa 7. Kun Historian on omalla palvelimellaan, silloin myös MicroSCADA on omalla palvelimellaan. Tiedot laitteilta kulkeutuvat sekä järjestelmäpalvelimelle että historiatietokantaan. Historiatietokantajärjestelmä voidaan myös integroida samalle palvelimelle MicroSCADA-järjestelmän, kun kyseessä on melko kevyt järjestelmä. Järjestelmäpalvelimet ovat yleensä joko yksittäisiä tai kahdennettuja. Kahdennetulla järjestelmällä tarkoitetaan sitä, että kahdella serverillä on kaikki samat tiedot, vaikka vain toinen on käytössä kerrallaan. Ensisijaisen serverin vikaantuessa otetaan käyttöön toinen serveri, jossa on kaikki samat tiedot kuin ensisijaisella serverillä. MicroSCADA-palvelimelta yleensä kirjoitetaan tiedot yhteen historiatietokantaan. Yhteen historiatietokantaan voidaan kuitenkin tallettaa useamman SYS-koneen tiedot eli toisin sanoen useamman MicroSCADA-järjestelmän tiedot voidaan tallentaa yhteen ja samaan historiatietokantaan. Historiatietokannan on kuitenkin pystyttävä keräämään tietoja joka hetki saumattomasti. Tämän vuoksi Historian-tietokantajärjestelmä toteutetaan monesti kahdennettuna, jonka ansiosta esimerkiksi kommunikaatiohäiriön sattuessa taustalla pyörivä järjestelmä saa kerättyä häiriön aikaiset tiedot ja saadaan vältettyä aukot kerätyssä tiedossa. (ABB Oy 2015b: 5–7; Hultholm 2006: 6.)



Kuva 7. Tyypillinen MicroSCADA-järjestelmä, jossa Historian-historiatietokantajärjestelmä mukana. (ABB Oy 2015b: 5.)

Kuvassa 8 on esitetty tiedonkulku järjestelmäpalvelimelta kohti historiatietokantaa ja historiatietokannassa olevia koostetiedostoja. SCADA-järjestelmästä kerätään prosessikohteista ja datakohteista tietoa, jotka siirretään historiatietokantajärjestelmään. Aluksi tieto kerätään raakadatana, jonka jälkeen tiedoista voidaan laskea uusia arvoja esimerkiksi erilaisia keskiarvotietoja ja myöhemmin tehdä koosteita mittaustuloksista. Kuvassa on esimerkkinä esitetty kolme erilaista raakadatan jalostusmahdollisuutta. Ensimmäisenä on jo aiemmin mainittu keskiarvo ja tämän jälkeen minimi- ja maksimi-arvot. Koostetietoja pysytetään muodostamaan ainakin sekunneista vuosiin ulottuvilla ajanjaksoilla.



Kuva 8. Tiedonkulku järjestelmäpalvelimelta historiatietokantaan esitettyinä kolmella erilaisella kooste-esimerkillä.

3.2.1 Tekniset ominaisuudet

Historian on MicroSCADA-järjestelmän laajennusosa, jonka tarkoituksena on huolehtia prosessitietojen säilyttämisestä, analysoinnista ja esittämisestä. Se pystytään muovaamaan asiakaskohtaisesti järjestelmän modulaarisuuden ansiosta, minkä vuoksi asiakkaan järjestelmälle asettamat vaatimukset pystytään täyttämään. Historiatietokantajärjestelmä Historian sisältää kaksi erilaista päämoduulia:

1. Tietokanta ja
2. Graafinen käyttöliittymä.

Kahden päämoduulin lisäksi on tarjolla lisäosia, kuten raporttipohjamoduuli ja häiriötalennemoduuli. (ABB Oy 2007a: 1.)

SYS600 Historian perustuu RTDB -tietokantaan, jolla tarkoitetaan relaatiotietokantaa ja sen tärkeimpiin tehtäviin kuuluu historiatiedon säilyttäminen. Perinteisestä relaatiotietokantajärjestelmästä tämän historiatietokantajärjestelmän erottaa esimerkiksi mahdollisuus tiedon jatkojalostamiseen sisäänrakennettujen matemaattisten funktioiden avulla. Se on suunniteltu ja optimoitu erityisesti teollisuusprosessien hallintaan ja laajan historiatiedon tallentamiseen. RTDB-relaatiotietokanta on kehitetty Windows-käyttöjärjestelmälle. Prosessidata tallennetaan tietokannassa muuttujiin, jossa tallennettava arvo koostuu aikaleimasta ja senhetkisestä arvosta. Aikaleimojen avulla tietokanta osaa järjestää tapahtumat ja mittaukset kronologiseen tapahtumajärjestykseen. Tietokanta sisältää lisäksi työkalun, jonka avulla kerätyt prosessitiedot voidaan tiivistää pienempään tilaan, minkä ansiosta tallennustilaa säästyy. (ABB Oy 2007a: 2; Jokela 2014: 18–22.)

Graafisen käyttöliittymän avulla mahdollistetaan tietojen tehokas näyttäminen. Tietoja pystyy joustavasti selaamaan, järjestelemään ja yhdistelemään käyttäjän toiveiden mukaisesti. Sisäänrakennettujen tietojen esittämismallipohjien lisäksi graafisessa käyttöliittymässä voidaan vapaasti määrittää näyttöjä, tarkastella perusteellisesti historiatietojen arvoja, käsitellä ja vertailla vaadittuja arvoja. Graafista käyttöliittymää käsitellään lisää kappaleessa 3.2.2 Graafinen käyttöliittymä. (ABB Oy 2007a: 2.)

Historiatietokanta käyttää ABB Oy:n sisäistä protokollaa aikaleimattujen tietojen siirtämiseksi MicroSCADA Pro -järjestelmästä. Muita mahdollisia tiedonsiirtoprotokollia ovat esimerkiksi OLE for Process Control (OPC) ja Open Database Connectivity (ODBC). Kun järjestelmä huomaa, että MicroSCADA Pro:n tietokannassa tapahtuu muutos, tiedonsiirto käynnistetään automaattisesti. Tiedot on käyttäjän saatavilla aina tarvittaessa. (ABB Oy 2007a: 2.)

3.2.2 Graafinen käyttöliittymä

Historian-historiatietokantajärjestelmän graafinen käyttöliittymä on nimeltään Vtrin. Vtrin-käyttöliittymä pohjautuu Microsoft.NET-teknologiaan ja ohjelmistot historiatietokantajärjestelmässä on toteutettu C#-ohjelmointikielellä. Käyttöliittymä sisältää lukuisia erilaisia näyttöjä, jossa esitetään tietoja tietokannasta. Vtrin sisältää standardinäyttöjä

sekä työkaluja sovelluskohtaisien näkymien laatimiseen. Käyttäjä voi itse valita näyttöjen paikat *vedä ja pudota* (drag and drop) -toiminnon avulla. Perusnäyttöjä ovat kuvaajat, diagrammit, listat ja raportit. Kuvassa 9 esitetään näkymä Vtrin-käyttöliittymästä, jossa on muuttujat-lista, joka sisältää kaikki muuttujat, jotka on yhdistetty Historianiin. Kaikkia listalla olevia muuttujia pystytään valvomaan.

Name	ID	Description	Process Path	Current Val.	Unit	Source	Value Type	Min	Max	Alias	Y-Section
307	TVETK03M1_20_1	3M1 Päästöho P		0	kW	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
308	TVETK03M1_21_1	3M1 Loisteho Q		0	kvar	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
309	TVETK03M3_27_1	3M3 Vikapaikan etäisyys /...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
310	TVETK03M3_28_1	3M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
311	TVETK03M3_29_1	3M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
312	TVETK03M3_30_1	3M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
313	TVETK04M1_16_1	M1 Jännite U22		0.0	kV	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
314	TVETK04M1_17_1	M1 Jännite U23		0.0	kV	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
315	TVETK04M1_18_1	M1 Jännite U31		0.0	kV	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
316	TVETK04M2_19_1	M2 Nollajännite U0		0.0	V	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
317	TVETK05M1_10_1	M1 Virta I1		0	A	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
318	TVETK05M1_20_1	M1 Päästöho P		0	kW	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
319	TVETK05M1_21_1	M1 Loisteho Q		0	kvar	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
320	TVETK05M3_27_1	M3 Vikapaikan etäisyys...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
321	TVETK05M3_28_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
322	TVETK05M3_29_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
323	TVETK05M3_30_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
324	TVETK06M1_10_1	M1 Virta I1		0	A	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
325	TVETK06M1_20_1	M1 Päästöho P		0	kW	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
326	TVETK06M1_21_1	M1 Loisteho Q		0	kvar	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
327	TVETK06M3_27_1	M3 Vikapaikan etäisyys...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
328	TVETK06M3_28_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
329	TVETK06M3_29_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
330	TVETK06M3_30_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
331	TVETK07M1_10_1	M1 Virta I1		0	A	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
332	TVETK07M1_20_1	M1 Päästöho P		0	kW	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
333	TVETK07M1_21_1	M1 Loisteho Q		0	kvar	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
334	TVETK07M3_27_1	M3 Vikapaikan etäisyys...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
335	TVETK07M3_28_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
336	TVETK07M3_29_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
337	TVETK07M3_30_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
338	TVETK08M1_10_1	M1 Virta I1		0	A	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
339	TVETK08M1_20_1	M1 Päästöho P		0	kW	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
340	TVETK08M1_21_1	M1 Loisteho Q		0	kvar	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
341	TVETK08M2_22_1	M2 Näennäisteho S		50.00	MVA	Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
342	TVETK08M3_27_1	M3 Vikapaikan etäisyys /...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
343	TVETK08M3_28_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	
344	TVETK08M3_29_1	M3 Käyttäjän määrittely...		0		Generic pro...	Floating...	0	100	KATTERNO	

Kuva 9. Luettelo muuttujista Vtrin-käyttöliittymässä.

Toinen näkymätyyppi on kuvaaja-ikkuna, jossa voidaan esittää muun muassa tilastollisia tietoja esimerkiksi keskiarvoja. Lisäksi signaalin suuruuden vaihtelu voidaan helposti esittää kuvaajassa. Kuvaaja-ikkuna on esitetty kuvassa 10. Kuvaajassa on esitetty generaattorin päto- ja loistehon kuvaajat ajan funktiona.



Kuva 10. Kuvaaja-ikkuna, jossa on esitetty pätö- ja loisteho ajan funktiona.

3.2.3 Sisäänrakennettuja toiminnallisuuksia

SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmässä on omia sisäänrakennettuja toiminnallisuuksia, joita ovat muun muassa mittausarvojen käsittely, nyky- ja historia-arvojen laskenta, mittausarvojen kelvollisuustarkistus ja vahvistus, tapahtumien ja hälytysten liipaisutoiminto, matemaattiset ja tilastolliset funktiot, uudelleenlaskenta, suorat ja ehdolliset tapahtumiin perustuvat hakurutiinit, tietojen pakkaus, virtuaalitaulukot sekä skenaarioiden ja simulaatioiden tuki. (Varmajoki 2007: 44.) Seuraavaksi käydään läpi pari edellä mainituista toiminnoista.

Graafinen käyttöliittymä mahdollistaa mittausarvojen käsittelyn teknisten attribuuttien avulla. Mittausarvojen käsittelyllä tarkoitetaan prosessitietojen esikäsittelyä ennen kuin ne tuodaan tietokantaan ja tallennetaan. Tämä toimii eräänlaisena suodattimena, jolla suodatetaan ylimääräinen tieto pois ja jalostetaan tietoa. Jalostamisella voidaan tässä kohtaa tarkoittaa esimerkiksi analogisten mittausarvojen muuntamista kelvollisiksi yksiköiksi.

Esikäsittely voidaan toteuttaa analogia-arvoille, binääriarvoille ja pulssilaskurille. (Hultholm 2006: 5–6.)

Historian-järjestelmässä on kahdenlaisia mittausarvoja: historia-arvo ja nykyinen arvo. Edellä mainitut mittausarvot ovat kuitenkin lähtöisin samasta prosessipisteestä. Mittausarvot tallennetaan historiataulukkoon, jossa ensimmäiseksi niistä tulee nykyisiä arvoja. Tässä vaiheessa vielä prosessilaitteen arvot ovat täysin käsittelemättömiä. Nykyinen arvo on muuttujan viimeisin prosessilaitteelta tallennettu arvo, jota tarpeen vaatiessa voidaan jalostaa. Nykyisiä arvoja voi olla vain yksi tietokannassa, mutta historia-arvoja on monia. Kun prosessitiedot ovat päätyneet historiatiedoiksi, ne sijoitetaan oikeaan kontekstiin, joka voidaan esittää esimerkiksi taulukon muodossa. Viimeisenä vaiheena tiedon kulussa ja historiatiedon vaiheena on, että tiedot yhdistetään ja niistä muodostetaan raportteja, joiden avulla pystytään korostamaan merkityksellisimpiä tietoja. (Hultholm 2006: 6–7.)

4 ASIAKKAIDEN VAATIMUKSET

Tässä työssä asiakkaiden toivomuksia ja vaatimuksia selvitettiin kyselynä, joka lähetettiin asiakkaille sähköpostin välityksellä. Tämän tarkoituksena oli herättää keskustelua ja kysyä heidän ajatuksiaan järjestelmästä.

4.1 Kyselytutkimus

Asiakasyrityksiä, joille kysely lähetettiin, oli kaikkiaan kuusi kappaletta. Kolmella näistä edellä mainituista yrityksistä on käytössä ABB Oy:n historiatietokantajärjestelmä Historian. Järjestelmä on käytössä joko sähköverkon tai kaukolämpöverkon puolella tai kummassakin. Lisäksi hieman mukailtu kysely lähetettiin kolmelle asiakasyritykselle, jolla on ollut kiinnostusta kyseiseen historiatietokantajärjestelmään aiemmin.

Asiakkaiden vaatimusten kartoittaminen aloitettiin luomalla kysymyslista, jonka avulla asiakkaan toivomukset, vaatimukset ja ajatukset saadaan selville.

Asiakkaille lähetetyt kysymykset olivat

1. Mitä mittauksia, jotka keräätte kaukolämpö- tai sähköverkosta SCADA-järjestelmään, pidätte tärkeimpinä?
2. Mitä mieltä olette historiatietokantajärjestelmästä, pidättekö sitä teidän tarpeisiin sopivana? Perustele.
3. Minkä vuoksi haluatte kerätä tietoa historiatietokantaan?
4. Mitä ovat ne hyödyt ja mahdollisuudet, joita te saatte historiatietokannan ansiosta?
5. Mitä hyötyjä tai mahdollisuuksia vielä haluaisitte lisätä tai saada historiatietokannan avulla?

6. Mitkä hyödyt koette tärkeiksi juuri teidän kannaltanne ja miksi? Esimerkiksi sähkönlaatuun, ennakoivaan huoltoon tai laitteiden elinkaarikustannuksiin liittyyen.
7. Onko teillä mielessä tietoja/mittauksia, jotka haluaisitte saada SCADA-järjestelmään olemassa olevien mittauksien lisäksi ja tämän jälkeen siirtää ne historiatietokantaan analysointia varten?
8. Miten hyötyisitte tiedosta/mittauksesta, jonka saisitte lisättyä SCADA-järjestelmään, tai miten haluaisitte hyötyä?
9. Datan pitkäaikainen säilyttäminen: Kuinka pitkä tarve teillä on datan säilyttämiselle? Perustuuko tämä johonkin määräykseen?

Kaikkiaan kysely lähetettiin kymmenelle henkilölle, jotka edustivat kuutta eri asiakasyritystä. Vastauksia saatiin kolme kappaletta, jolloin vastausprosentiksi tuli 30 %. Tästä vastauksien lukumäärästä ei perusteellista vertailua saatu aikaan, koska yksi vastaus oli asiakasyrityksen, jossa on käytössä Historian-historiatietokantajärjestelmä. Kahdella muulla vastaajalla ei ole käytössä järjestelmää, mutta heillä oli hyvät pohjatiedot järjestelmästä ja sen toiminnasta. Seuraavassa alaluvussa esitetään kuitenkin yhteenveto saaduista tuloksista sekä pyritään tuomaan esiin keskeiset asiakastarpeet niiden pohjalta.

4.2 Kyselyn vastausten analysointi

Aluksi käydään läpi vastaukset ensimmäiseen kysymykseen koskien tärkeimpiä mittauksia kaukolämpö- ja sähköverkoissa. Tärkeimmiksi mittauksiksi kaukolämpöverkko puolella mainittiin lämpötilat, paineet ja virtaukset. Sähköverkon puolella tärkeimpinä mittauksina pidettiin sähköasemien jännitemittauksia, johtolähtöjen virtamittauksia sekä viikatilanteissa nollajännite- ja maasulkuvirtamittauksia. Edellä mainitut olivat päivittäisessä käyttötoiminnassa tärkeimmät mittaukset. Lisäksi pidemmän tähtäimen suunnitte-

luttyössä oleellisimmiksi mittauksiksi esitettiin sähköasemien kokonaisteho ja johtolähtöjen virtamittauksia. Myös SCADA-järjestelmään kerättyjä tapahtumatietoja pidettiin tärkeinä. Muuntajan mittauksia pidettiin myös tärkeinä ja erityisesti muuntajan pääjännitekeskijänniteverkon (kj-verkko) puolella sekä muuntajan pätö- ja loisteho olivat tärkeässä osassa. Lisäksi kj-verkon tärkeimpiin mittauksiin lukeutuu lähtöjen kuormat ja sammuteun verkon tiedot.

Historiatietokanjärjestelmää pidettiin tärkeänä ja hyödyllisenä sekä sellaisen asiakkaan mielestä, jolla on käytössä tämä järjestelmä että asiakkaan, jolla ei ole käytössä järjestelmää. Erityisesti järjestelmä sai kehuja siitä, että asioita pystyy jälkikäteen tutkimaan hyvin. Asiakkaat, joilla ei ole järjestelmää käytössä, mutta omaavat hyvät perustiedot järjestelmästä, pitävät järjestelmää myös hyödyllisenä. He eivät kuitenkaan osanneet sanoa, että olisiko järjestelmä juuri heidän tarpeisiin sopiva, koska eivät tunne ominaisuuksia tarpeeksi hyvin omasta mielestään. Tällä hetkellä asiakasyritys kerää ja tallentaa tiedot SCADA-järjestelmästä käytöntukijärjestelmään. Sillä on kuitenkin tiedossaan, että historiatietokantajärjestelmä soveltuisi edellä mainittujen mittausten säilytykseen. Lisäksi kyselyn tuloksissa todettiin, että samat tai ainakin lähes samat ominaisuudet on saatavilla myös muista tietojärjestelmistä.

Seuraavaksi käsitellään syitä, minkä vuoksi historiatietokantajärjestelmää käytetään. Järjestelmän omaavan asiakkaan tärkein syy historiatietokantajärjestelmän käytölle on mittausten ja tapahtumien seuraaminen sekä reaaliajassa että jälkikäteen. Lisäksi järjestelmästä saatavia raportteja pidettiin yhtenä syynä käytölle. Asiakkaat, joilla ei ole järjestelmää käytössään, pitävät kuitenkin mahdollisena sitä, että historiatietokannasta olisi heille hyötyä, mutta pakottavaa tarvetta ei ole tähän mennessä ollut. Järjestelmää pidettiin hyödyllisenä esimerkiksi verkon kuormitustilan seurannassa, vikatilanteiden sekä kytkentäjärjestelyiden arvioinnissa ja analysoinnissa. Lisäksi sähkönkäytön muuttumisen ennustaminen pitkän tähtäimen suunnittelun tarpeisiin, tapahtumatietojen suodattaminen pois SCADA-järjestelmän tapahtumalisticalta sekä kanta- ja alueverkon loistehorajojen seuranta ovat esimerkkejä historiatietokantatarpeista, joita on asiakasyrityksillä esiintynyt joskus.

Hyötynä järjestelmän omaava asiakas näkee automaattiset kuvaajat, joita järjestelmä tekee kerääntyneestä datasta valitulta aikaväliltä. Hyöty, joita asiakkaat ajattelevat saavansa järjestelmästä ilman käytännön kokemusta, on datan helppo analysoiminen jälkikäteen. Lisäksi asiakas, jolla järjestelmää ei ole käytössä, pohtii järjestelmän hyödyllisyyttä erikoisissa vikatapauksissa. Tällaisissa erikoisissa vikatilanteissa kattavilla tapahtumatiedoilla, kuten suojareleiden havahtumistiedoilla, pystyisi auttamaan vikatapausten selvittämisessä.

Asiakas, jolla on historiatietokantajärjestelmä käytössään, vastasi ainoastaan neljään ensimmäiseen kysymykseen, minkä vuoksi vertailua järjestelmän omaavien ja ei-omaavien kesken ei voi enää tehdä. Seuraavat vastaukset käsittelevät vain asiakkaita, joilla järjestelmää ei ole käytössään.

Vaikka asiakkailla ei ole käytössä historiatietokantajärjestelmää, järjestelmän toiminta on ainakin periaatetasolla selvillä. Tämän vuoksi asiakas pystyy mainitsemaan esimerkin, jonka he haluaisivat lisätä kuvitteelliseen omaan historiatietokantajärjestelmäänsä. Lisäyksi olisi keskijänniteverkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin. Jännitteenaleneman vertailutuloksia hyödynnettäisiin verkon investointien suunnittelussa.

Kysymykseen kuusi saatiin vain yksi vastaus. Ainoastaan toteamus siitä, että hyödyt on helpompi havaita mahdollisesti prosessiteollisuudessa. Vastaus oli asiakkaalta, jolla ei ole käytössä järjestelmää ja tämän vuoksi tiettyjen hyötyjen kokeminen tärkeiksi ja erityisesti hyötyjen nimeäminen on haastavaa tuntematta järjestelmää.

Kyselyssä pyydettiin nimeämään myös joitain tiettyjä tietoja tai mittauksia, jotka asiakas haluaisi SCADA-järjestelmään ja sen jälkeen historiatietokantaan. Kyselyn tuloksena saatiin esimerkiksi muuntajakohtainen loistehon suhde pätötehoon ja sen seurantahistoria. Muuntajakohtaisen loistehon ja pätötehon mittausten hyödyiksi asiakas mainitsi loistehon kompensoinnin paremman ennakoimisen pitkällä aikavälillä. Toinen asiakas pohti,

että tällä hetkellä kaukokäytöllä ja vikaindikoinnilla varustetuissa muuntamoissa uusina mittauksina on yleistymässä jakelumuuntajan lämpötila, jännitteen laatu ja pienjännitepuolen jännitemittaus. Juuri nyt edellä mainituille mittauksille ei ole satunnaista suurempaa tarvetta, mutta mahdollisesti sitten kun esimerkiksi laajamittainen pientuotanto lisääntyy. Pientuotannon lisääntyminen vaikuttaa muuntopiireihin ja lisäksi se voi luoda tarpeen seurata pienjännitepuolen jännitetasoa ja yliaaltoja. Asiakkaalla ei ole kuitenkaan varmuutta siitä, onko SCADA- tai historiatietokantajärjestelmä oikea paikka edellä mainituille mittaustiedoille.

Datan säilyttäminen on oleellinen osa historiatietokantajärjestelmää, mutta se, kuinka pitkäksi ajaksi tiedot tulisi varastoida, on jokaisen itse tai lakisääteisesti määritettävissä. Datan säilyttämistä useammaksi vuodeksi pidetään hyvin tärkeänä. Kyselyyn vastanneen asiakkaan keräämä tieto tulisi vain omiin tarpeisiin ja sen vuoksi sille ei ole lakisääteistä säilytysaikaa. Toisen asiakkaan esimerkki tiedonsäilyttämisajaksi on yli kymmenen vuotta. Tämäkään säilytysaika ei perustu määräyksiin. Pitkän aikavälin kuormituksen käyttäytymisen tutkiminen ja ennustaminen vaativat yli kymmenen vuoden säilyttämisaikaa. Muiden mittausten ja tietojen osalta säilytysajantarve ajatellaan selvästi lyhyemmäksi ilman, että tarkkaa vuosimääritelmää annetaan.

5 HISTORIAN-MALLIN LUOMINEN

Uusia ideoita asiakkaiden vastauksissa ei ollut monia, mutta muutama toteuttamiskelpoinen idea löytyi kyselyn vastauksista. Asiakkaiden ajatuksista valittiin kaksi, jotka toteutetaan historiatietokantajärjestelmässä. Ne ovat:

1. generaattorikohtainen loistehon suhde pätötehoon ja sen seurantahistoria sekä
2. keskijänniteverkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin ja sitä kautta investointien suunnitteluun.

Jotta asiakkaiden ehdotukset pystytään toteuttamaan, tarvitaan valmiista historiadataa. Tässä tapauksessa oli kaksi vaihtoehtoa datan saamiseksi: joko verkkoon kytketään demokone, joka kerää muutaman kuukauden ajalta kaiken historiadataa tai valmiin datan hyödyntäminen Oy Katternö Ab energiayrityksen SCADA- ja historiatietokantajärjestelmästä. Tässä työssä päädyttiin ajan säästämiseksi nopeampaan ratkaisuun eli käytettiin olemassa olevaa historiadataa Katternöältä.

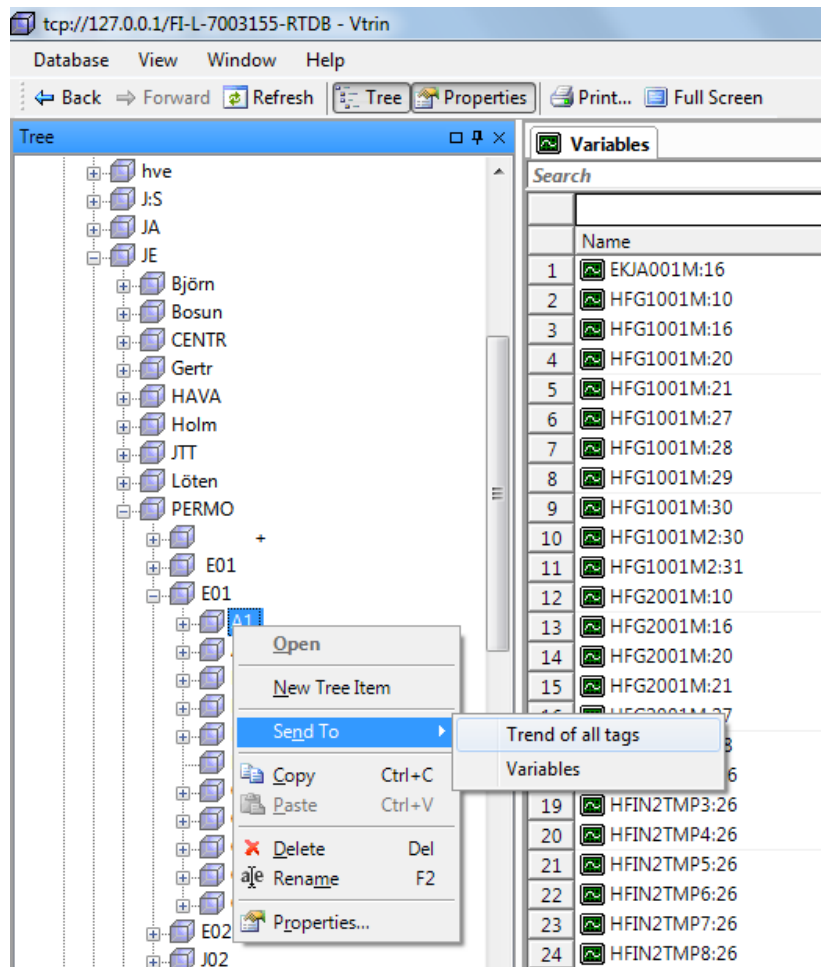
5.1 Generaattorikohtainen loistehon suhde pätötehoon

Asiakkaiden ehdotusten toteuttamisessa täytyi ottaa huomioon se, että kaikkia mahdollisia signaaleita ei välttämättä kerätä Katternöön MicroSCADA-järjestelmään. Esimerkiksi ensimmäisessä parannusehdotuksessa tarkasteltiin alun perin muuntajaa ja sen pätö- ja loistehoa, jolloin järjestelmässä olisi muuntajalta tulevat signaalit loistehosta ja pätötehosta. Tällaiset signaalit eivät kuitenkaan kuuluneet tarkasteltavan sähköaseman muuttujiin historiatietokannassa. Jotta pätö- ja loistehon suhdetta pystytään tutkimaan, on käytettävä generaattorin signaaleita, koska generaattorilla oli historiatietoina tarvittavat signaalit. Ensimmäisenä vaiheena generaattorin tutkimisessa on haluttujen signaalien etsiminen ja valitseminen. Kuvassa 11 on esitetty käytetty loisteho- ja pätötehosignaali, jotka on poimittu muuttujat-välilehdeltä.

HFING1M:20	14233	Generator 1 G1 Aktiv effekt P	.Generator 1.G1	280,0 kW
HFING1M:21	14234	Generator 1 G1 Reaktiv effekt Q	.Generator 1.G1	27,0 kVAr

Kuva 11. Käytetty pätöteho- ja loistehosignaali muuttujat-välilehdeltä.

Kuvassa 11 esitetyt signaalit generaattorin pätötehosta ja loistehosta siirretään kuvaaja-välilehdelle. Alla olevassa kuvassa 12 on esitetty, miten Vtrin-työkalun vasemmassa reunassa olevasta puurakenteesta valitaan signaalit kuvaajaan (trendiin). Tässä tapauksessa haluttiin tutkia erityisesti Permon sähköaseman signaaleita, jolloin puurakenteesta valitaan JE → PERMO ja haluttu johtolähtö. Tässä tapauksessa johtolähdöksi valitaan A1, jonka jälkeen hiiren oikealla painikkeella klikataan kyseisen johtolähdön päällä ja saadaan kuvassa näkyvä valikko, josta valitaan ”Trend of all tags”. Näin saadaan kaikki tähän johtolähtöön kuuluvat signaalit lisättyä yhteen kuvaaja-välilehteen.

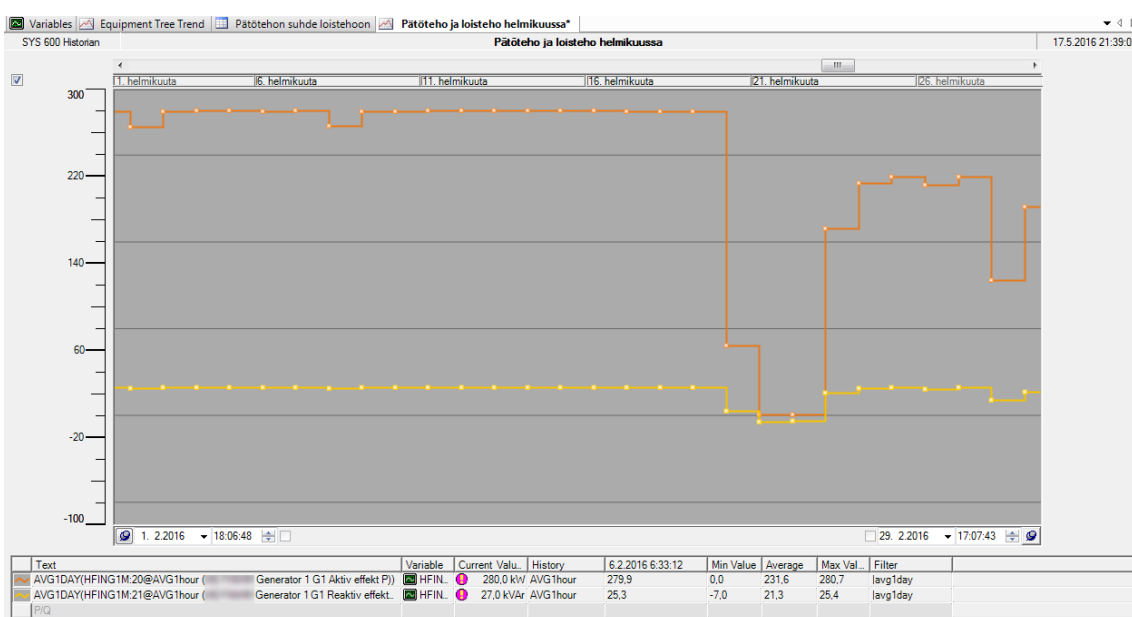


Kuva 12. Signaaleiden lisääminen kuvaajaan.

Signaaleita voidaan valita myös yksittäin muuttujat-listalta ”drag and drop”-menetelmällä, jolloin valitaan haluttu signaali, tartutaan hiirellä siihen ja tämän jälkeen raahataan signaali kuvaaja-välilehdelle kuvaajan päälle ja tiputetaan kuvaajaan irrottamalla ote hiiren painikkeesta. Kuvaajaan pystyy sijoittamaan monia signaaleja, jolloin kaikista signaaleista muodostuu oma kuvaajansa. Lisäksi näkyvillä olevia kuvaajia pystytään muokkaamaan yhdellä painalluksella kuvaajan alla olevan taulukon vasemmasta reunasta. Siitä määritetään tällä hetkellä näkyvissä olevat kuvaajat.

Kun pätötehon ja loistehon signaalit on valittu ja siirretty kuvaaja-välilehdelle, tulee valita tässä tapauksessa käytettäväksi historiaksi tuntikeskiarvot (AVG hour). Valinta kohdistui

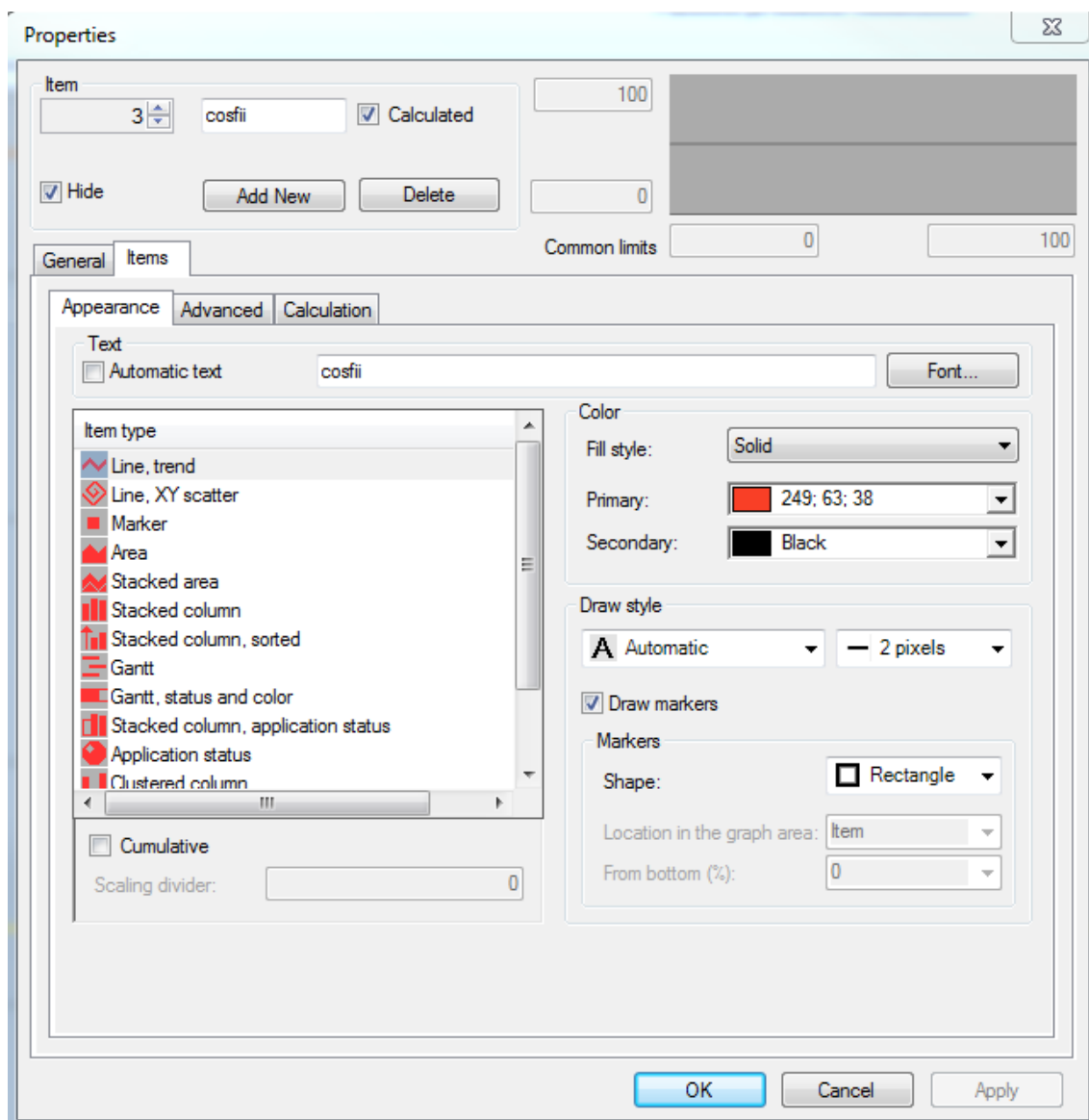
tuntikeskiarvoihin, koska niiden käytön ansiosta pystytään tutkimaan pidemmältä aikaväliltä mittauksia kuin jos olisimme käyttäneet suodattamatonta historiadataa. Suodattamattoman historiadatan tiedostokoot olivat suuria ja hyvin lyhyeltä aikaväliltä. Lisäksi historiadata ladattiin etäyhteyden avulla. Näiden seurauksena valinta kohdistui tuntikeskiarvoihin, koska niiden avulla säästettiin datan lataamisaikaa ja -määrää Katternöön tietokannasta. Kuvassa 13 on esitetty pätötehon ja loistehon mittaukset helmikuulta 2016 tuntikeskiarvoilla.



Kuva 13. Pätöteho ja loisteho helmikuulta 2016.

Signaalien ominaisuuksia voi määritellä kuvaajan ominaisuudet (properties) -valikkoikkunasta. Valikkoon päästään viemällä kursori kuvaajan päälle ja painamalla hiiren oikean puoleista painiketta. Lisäksi tässä samassa valikkoikkunassa luodaan mahdolliset omat funktiot, joka halutaan piirtää kuvaajaan. Kuvaajan nimi on käyttäjän päätettävissä ja tässä tapauksessa uusi muuttuja nimettiin *cosfii*:ksi. Muuttuja edustaa tehokerrointa. Tehokerroimen avulla tutkittiin pätötehon ja loistehon riippuvuutta toisistaan. Kuvaajan ominaisuuksiin kuuluu, että kuvaajaan siirrettyjen signaalien nimiä voi vapaasti muuttaa. Työskentelyn helpottamiseksi signaalien nimiksi valittiin pätöteholle *P* ja loisteholle

Q. Lisäksi kuvaajan väri on valittavissa monista eri vaihtoehdoista. Myös kuvaajan tyyppi pystyy muokkaamaan kuvassa 14 vasemmalta löytyvästä tyyppilistasta. Tässä kuvaajassa on käytetty tavallista viivaa kuvaajan tyyppinä.



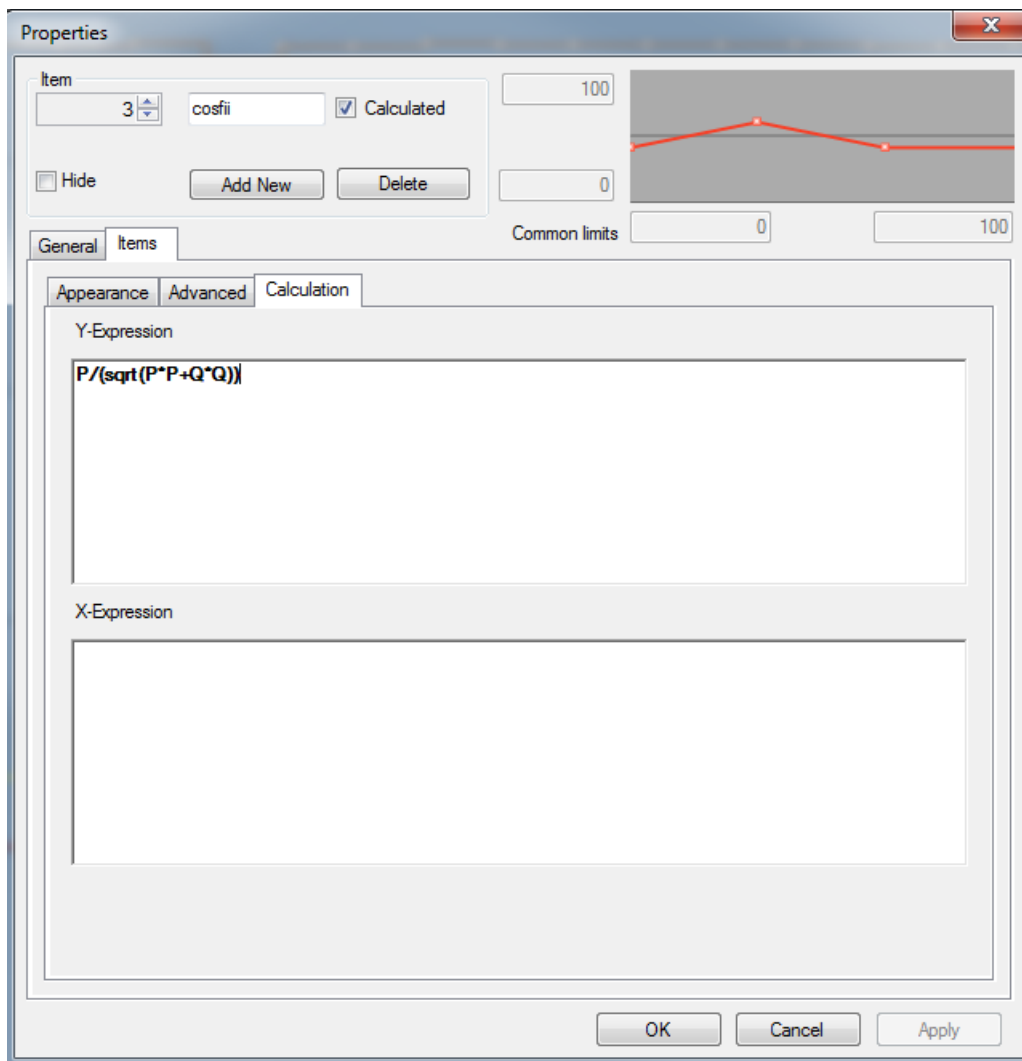
Kuva 14. Kuvaajan ulkoasuominaisuudet -valikkoikkuna.

Tehokerroin ratkaistaan laskemalla pätötehon P ja näennäistehon S suhde. Jotta tässä tapauksessa laskelmassa oleva tuntematon näennäisteho S saadaan ratkaistua, tarvitaan Pythagoraan lauseketta. Näennäisteho ratkaistaan pätötehon P ja loistehon Q avulla ja tällä tavoin saadaan lasketuksi tehokerroin historiatietokantaan tulevista signaaleista.

Tehokolmion mukaisesti tehokerroin saadaan yhtälöstä

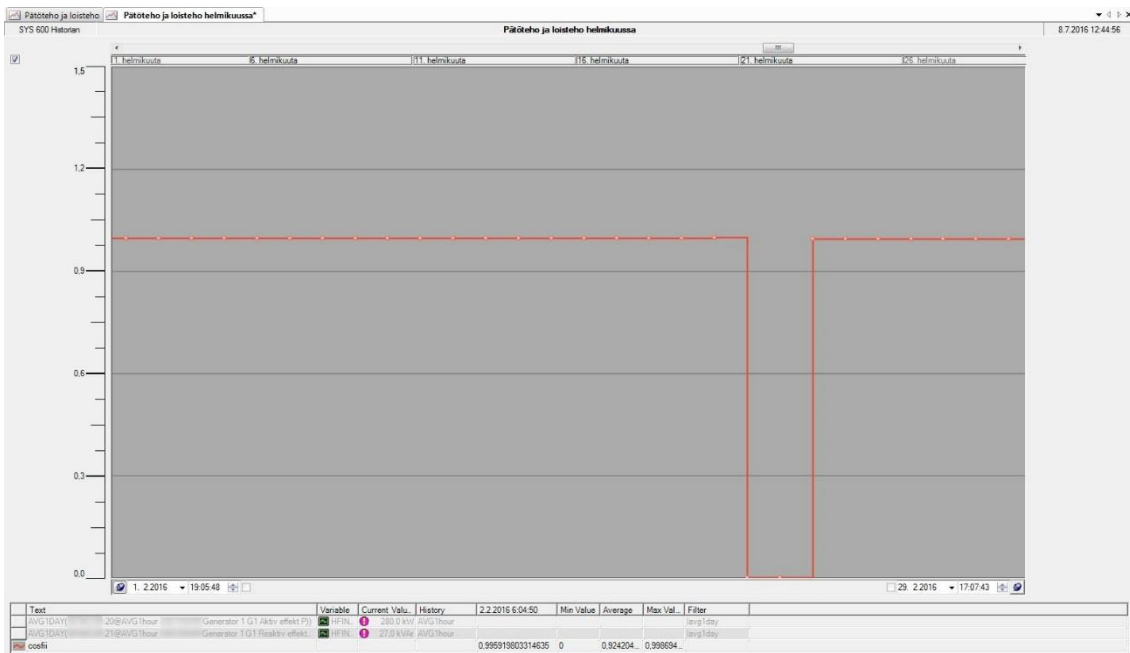
$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}. \quad (1)$$

Kuvaajan ominaisuudet -valintaikkunan sisällä on myös alivalikoita. Seuraavaksi käydään läpi laskentavalikko. Kuvassa 15 on esitelty kuvaajan laskentaominaisuudet -valikkoikkuna, jossa määritellään sisältö jo edellisessä kuvassa luotuun *cosfi*-muuttujaan. Valintaikkunasta valitaan joko Y- tai X-akseli eli akseli minkä suhteen arvot muuttuvat. Tämän kuvaajan kohdalla muutos tapahtuu Y-akselia pitkin ja sen vuoksi tehokertoimen lauseke sijoitettiin Y-akselille. X-akseli pohjautuu aikaan.



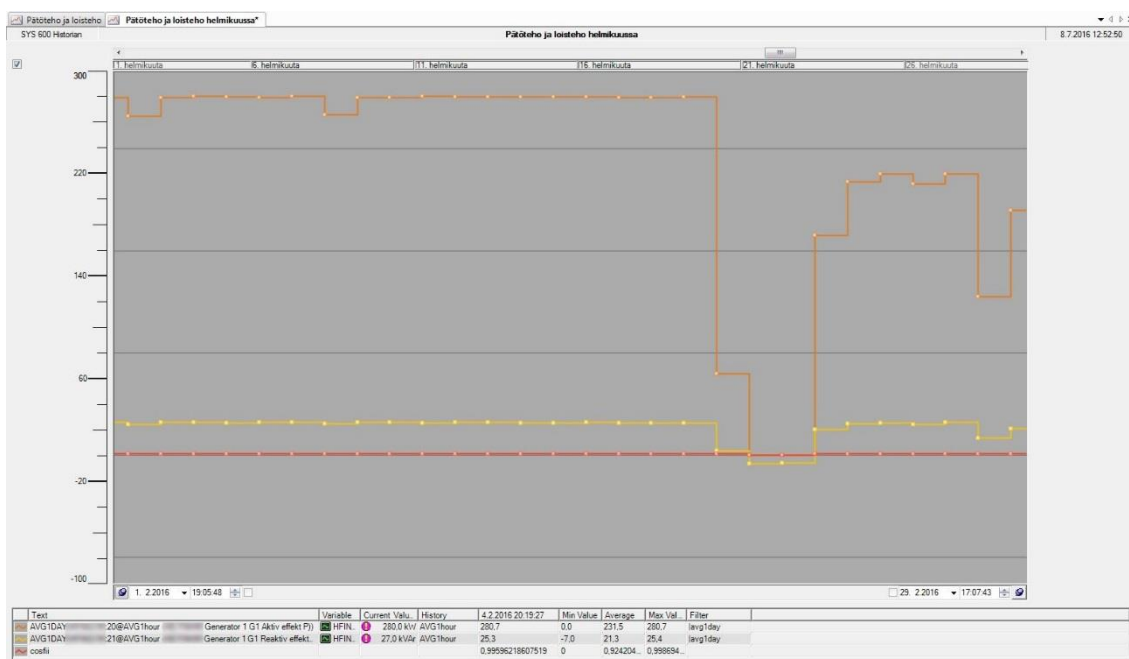
Kuva 15. Kuvaajan laskentaominaisuudet -valikkoikkuna.

Asiakkaan ehdotuksesta tutkittiin pätötehon ja loistehon riippuvuutta toisistaan. Kuvassa 16 on esitetty kuvan 13 pätötehon ja loistehon arvoista laskettu tehokerroin. Kuvassa pätötehon ja loistehon kuvaajat on otettu väliaikaisesti poissa näkyvistä.



Kuva 16. Generaattorin tehokerroin ajan funktiona.

Kuvassa 17 on esitetty pätöteho, loisteho ja niiden välinen riippuvuus tehokertoimen muodossa. Kuvaajien alla olevasta taulukosta on löydettävissä tarkemmat tiedot mittauksista. Sieltä on luettavissa minimi- ja maksimi-arvot, joissa mittauservo käy valitulla aikavälillä. Lisäksi taulukosta on nähtävissä myös keskiarvo aikavälin mittauksista. Kuvaajaan on mahdollista lisäksi asettaa erilaisia suodattimia. Kuvassa 16 on käytössä päiväkeskiarvosuodatin (avg1day), joka näkyy taulukossa oikeassa reunassa. Suodattimen määrittely koostuu kahdesta osasta; suodattimen valinnasta ja aikajaksosta. AVG1day laskee ja näyttää keskiarvot yhden päivän aikajänteellä. Keskiarvon lisäksi muita mahdollisia suodattimia on lukuisia, esimerkiksi summa (SUM), poikkeama (DEV), ensimmäisen ja viimeisen arvon erotus (DELTA) sekä käyttäjän määrittelemä laskutoimitus (CALC). Myös aikajänteitä on erimittaisia, nanosekunneista vuosiin.



Kuva 17. Generaattorin pätöteho, loisteho ja tehokerroin ajan funktiona.

Kuvaajasta on luettavissa selkeästi pätötehon ja loistehon suuruusero. Pätötehon arvo on merkittävästi suurempi kuin loistehon. Taulukko on skaalattu pätötehon mukaan, jotta kaikki arvot mahtuvat kuvaan. Tämän vuoksi loistehon suuruusvaihtelut eivät erotu kuvaajasta kovinkaan hyvin. Tehokertoimen arvot sijaitsevat välillä 0-1 ja sen vuoksi tehokertoimen suuruusvaihtelut eivät erotu kuvaajasta. Kuvaajasta on selvästi havaittavissa, että generaattorin pätötehon laskiessa jyrkästi, laskee myös loistehon arvo. Yhtälailla sekä pätöteho että loisteho laskevat suhteutettuna omiin arvoihinsa lähes yhtäsuurin harppauksin. Pätötehon ja loistehon voimakas lasku vaikuttaa myös tehokertoimeen. Pätötehon ja loistehon ollessa lähes samoissa arvoissa pitkän ajan tehokerroinkin pysyy lähes samana, tällöin tehokertoimen arvo on noin 0,99. Kun pätötehon ja loistehon suuruus merkittävästi laskee, myös tehokertoimen suuruus laskee. Pätötehon arvon laskiessa nollaan tehokerroinkin laskee nollaan. Tämän laskun jälkeen tehokerroin palautuu normaaliin arvoonsa noin 0,99:ään.

Kuvaajan tulokset voidaan esittää myös raporttimuodossa. Se tarkoittaa sitä, että valitut signaalit siirretään joko päivä-, kuukausi- tai vuosiraporttiin, jotka voidaan luoda Vtrin työkalun vasemmassa reunassa olevasta puurakenteesta. Näissäkin tapauksissa signaalit

siirretään raporttiin ”drag and drop”-menetelmällä. Käyttäjä pystyy määrittelemään omia yhtälöitä raportteihin. Tässä tapauksessa käyttäjän määrittelemä muuttuja on tehokertoimen lauseke, joka esiteltiin yhtälössä 1. Raporteissa on nähtävissä mittaus- ja laskennallisten tuloksien lisäksi minimi- ja maksimiarvo määritellyltä aikaväliltä. Kuukausiraportissa on listattu jokaiselta alkavalta vuorokaudelta mittaustieto sekä näistä tuloksista on laskettu pätötehon ja loistehon avulla tehokerroin. Kuvassa 18 on esitetty raportin määrittely -ikkuna. Määrittelyikkuna sisältää monia välilehtiä, joista tässä käytettiin vain kahta, yleistä (general) ja tasot (levels). Yleisissä määrittelyissä pystyy muokkaamaan muun muassa otsikkokenttien nimiä ja fontteja sekä paljon muuta raportin ulkoasuun liittyvää. Tasot-välilehdellä ja erityisesti muuttujat (variables) -alivälilehdellä voidaan määrittellä raportin muuttujia. Samassa kuvassa on luotu omatoimisesti uusi muuttuja Add new -painikkeen avulla ja nimeksi määritelty ”*Tehokerroin cosfi*”. Samasta valikosta pääsee avaamaan Excel-pohjaisen ikkunan, johon asetetaan lisätyn muuttujan yhtälö. Lisätty yhtälö näkyy Formula-osiossa määrittelyikkunassa. Oletuksena on, että raportin lukemissa on vain yksi desimaali. Valitsemalla desimaalien määrittelyksi manuaaliasetelun ja haluttujen desimaalien lukumäärän nuolipainikkeiden avulla saadaan muutettua desimaalien lukumäärä halutuksi. Lisäksi ikkunan alaosasta on valittavissa se, että näytetäänkö minimi- ja maksimiarvot aikavälin mittauksista sekä kuinka monta desimaalia kyseisistä tuloksista näytetään. Tässä tapauksessa desimaaliksi valikoitui 3 sekä minimi- ja maksimiarvoissa että itsemääritellyn muuttujan kohdalla.

General Levels Advanced Charts Sheets Product filter Version

1 Kuukausiraportti Add New Delete

General Variables Copy Order

3 Add New Delete

Tehokerroin cosfii Allow enum text Hide item

History substituted Span update Decimals Manual 3

General Past Future Order

Formula

Show formula

Validity

Start 08.07.2016 13:00 Filtering

End 08.07.2016 13:00 Zero Missing

Invalid Include Product Filter

Current period splitter

Time average (Default)

Additional Charts Sheets

Addition name	In use	Formatting in use	Decimals	Scaling	History	Time scaling in use	Time unit	Formula	Show formula
Minimum	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maximum	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kuva 18. Raportin määrittely -ikkuna.

Seuraavaksi esitellään kuukausiraportti vuoden 2016 helmikuulta generaattorin pätötehosta ja loistehosta sekä lasketusta pätötehon ja loistehon suhteesta. Kuukausiraportti on nähtävissä kuvassa 19 sekä päiväkohtainen raportti on nähtävissä kuvassa 20. Raporteissa on samat määrittelyt kuin kuvassa 18 on esitetty.


Kuukausiraportti
 Pätöteho ja loisteho

01.02.2016 - 01.03.2016

	Generaattori 1 G1 Loisteho Q kvar	Generaattori 1 G1 Pätöteho P kW	Tehokerroin cosφii
01.02.2016 00-00	25.20	279.39	0.996
02.02.2016 00-00	23.88	264.97	0.996
03.02.2016 00-00	25.35	279.37	0.996
04.02.2016 00-00	25.26	280.57	0.996
05.02.2016 00-00	25.27 [99,9%]	280.19 [99,2%]	0.996
06.02.2016 00-00	25.19	280.31	0.996
07.02.2016 00-00	25.20	280.22	0.996
08.02.2016 00-00	24.57	266.25	0.996
09.02.2016 00-00	24.98 [99,9%]	280.14 [97,9%]	0.996
10.02.2016 00-00	25.17	279.64	0.996
11.02.2016 00-00	25.04	280.47	0.996
12.02.2016 00-00	25.13 [99,8%]	280.18 [98%]	0.996
13.02.2016 00-00	25.22	280.29	0.996
14.02.2016 00-00	24.92 [99,7%]	279.96 [91,4%]	0.996
15.02.2016 00-00	24.75	280.49	0.996
16.02.2016 00-00	25.26	280.03	0.996
17.02.2016 00-00	24.96	279.42	0.996
18.02.2016 00-00	25.08 [99,9%]	279.77 [94,5%]	0.996
19.02.2016 00-00	24.92	279.66	0.996
20.02.2016 00-00	9.96 [99,9%]	128.28 [97,1%]	0.997
21.02.2016 00-00	-5.32 [91,1%]	0.00 [91,1%]	0.000
22.02.2016 00-00	-6.90	0.00	0.000
23.02.2016 00-00	12.33 [99,7%]	114.19 [95,7%]	0.994
24.02.2016 00-00	24.21	213.79	0.994
25.02.2016 00-00	25.13	219.54	0.994
26.02.2016 00-00	23.88 [99,9%]	211.86 [98,8%]	0.994
27.02.2016 00-00	25.30	219.52	0.993
28.02.2016 00-00	19.70	178.83	0.994
29.02.2016 00-00	14.12	136.27	0.995
Minimum	-6.90	0.00	0.000
Maximum	25.35	280.57	0.997

Kuva 19. Kuukausiraportti pätötehosta, loistehosta ja tehokertoimesta.

Kuukausiraportti sisältää kuukauden ajalta jokaiselta päivältä vuorokausiarvon. Vuorokausiarvo pysyttelee pitkään hyvin samoissa lukemissa pätötehon osalta, mutta helmikuun loppupuolella 20. päivänä pätöteho laskee merkittävästi. Pätöteho putoaa alle puoleen alkuperäiseen arvoon verrattuna. Tämän jälkeen pätöteho on kokonaan nollassa kaksi päivää, minkä jälkeen pätöteho kohoaa lähes alkuperäisiin vuorokausiarvoihin, mutta lähtee huomattavaan laskuun jälleen kuun viimeisenä päivänä. Loisteho vastaavasti taas pysyy pätötehon tavoin hyvin samoissa lukemissa 20. päivään saakka, jonka jälkeen loistehon arvo laskee huomattavasti. Lasku on niin huomattavaa, että loisteho menee ne-

gatiiviseksi samoilta päiviltä, joissa pätöteho on nolllilla. Kahden negatiivisen vuorokausiarvon jälkeen loisteho kasvaa normaalille tasolle hiljalleen. Tehokerroin pysyy samoissa lukemissa pätötehon ja loistehon laskuun saakka. Pätötehon ollessa nolla tämä vaikuttaa suoraan tehokertoimeen, jolloin sekin on nolla. Tämän jälkeen tehokerroin nousee taas lähelle alkuperäisiä lukemia.

Määrittely-valikkoikkunassa voidaan aktivoida myös luotettavuusasetukset. Kuukausiraportissa kyseiset asetukset ovat päällä ja sen huomaa arvojen perässä olevista prosenttilukemista. Prosenttilukema ilmaisee mittauksen luotettavuuden. Luotettavuusindeksi lähtee laskuun, jos uusia arvoja ei tule tietokantaan tarpeeksi usein. Kuvasta huomataan, että uusia arvoja tulee tasaisesti, koska luotettavuusindeksi pysyy lähes samoissa lukemissa koko kuukauden ajan. Pientä vaihtelua luotettavuusindeksissä on, pätötehon luotettavuus vaihtelee enemmän kuin loistehon. Mittaustulokset voisivat olla myös punertavalla värillä ja niiden edessä voisi olla #-merkki. Tämä merkintätapa on peräisin myös luotettavuusasetuksen aktivoinnista ja sillä tarkoitetaan sitä, että voimassaoleva arvo on pienempi kuin määritelty raja-arvo ja tämän vuoksi arvo on merkitty kelvottomaksi värin ja merkin avulla. Niitä ei kuitenkaan raportissa esiinny.


Päiväraportti
 Pätöteho ja loisteho

08.02.2016 - 09.02.2016

	Generaattori 1 G1 Loisteho Q kvar	Generaattori 1 G1 Pätöteho P kW	Tehokerroin cosφii
08.02.2016 00-01	24.98	280.36	0.996
08.02.2016 01-02	26.08	280.01	0.996
08.02.2016 02-03	26.72	280.00	0.995
08.02.2016 03-04	24.82	280.31	0.996
08.02.2016 04-05	25.05	281.28	0.996
08.02.2016 05-06	24.87	281.52	0.996
08.02.2016 06-07	26.63	280.08	0.996
08.02.2016 07-08	25.88	279.34	0.996
08.02.2016 08-09	24.50	280.28	0.996
08.02.2016 09-10	24.28	280.82	0.996
08.02.2016 10-11	24.88	280.36	0.996
08.02.2016 11-12	25.84	280.32	0.996
08.02.2016 12-13	25.55	281.28	0.996
08.02.2016 13-14	14.07	129.13	0.994
08.02.2016 14-15	20.74	91.30	0.975
08.02.2016 15-16	24.51	280.05	0.996
08.02.2016 16-17	25.17	279.72	0.996
08.02.2016 17-18	25.63	280.13	0.996
08.02.2016 18-19	25.21	280.48	0.996
08.02.2016 19-20	24.96	280.03	0.996
08.02.2016 20-21	24.87	279.21	0.996
08.02.2016 21-22	24.17	280.76	0.996
08.02.2016 22-23	23.59	281.81	0.997
08.02.2016 23-00	26.63	281.36	0.996
Minimum	14.07	91.30	0.975
Maximum	26.72	281.81	0.997

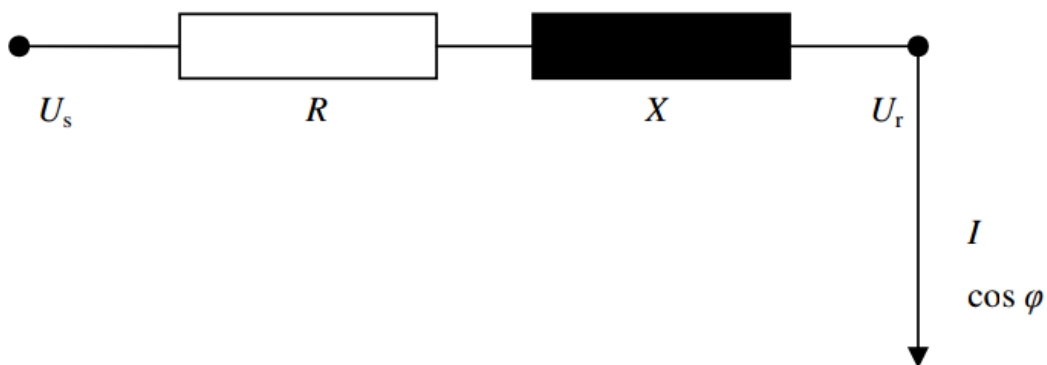
Kuva 20. Päiväraportti pätötehosta, loistehosta ja tehokertoimesta.

Päiväraportin ajankohdaksi valikoitui 8. helmikuuta 2016, josta esitellään raportti tunti tunnilta vuorokauden ajalta. Pätöteho pysyy hyvin samoissa lukemissa koko päivän ajan, mutta alkuiltapäivällä noin klo 13–15 pätöteho laskee huomattavasti. Loistehossa on havaittavissa samanlainen arvojen lasku kuin pätötehoilla. Loisteho ei laske kylläkään suhteessa niin paljon kuin pätöteho. Tässä tapauksessa tutkimisen kohteena oli pätötehon ja loistehon avulla laskettu tehokerroin. Tehokerroin pysyttelee lähes samoissa lukemissa koko päivän ajan. Samoihin aikoihin, kun pätöteho ja loisteho laskevat, laskee myös tehokerroin arvosta 0,996 arvoon 0,975. Tehokertoimen merkittävä pudotus huomataan vasta klo 14 kohdalla. Kun pätöteho laskee ensimmäisen kerran klo 13, tehokerroin on edelleen lähellä alkuperäistä arvoaan eli arvo on tällöin 0,994.

5.2 Jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin

Työn toisessa empiirisessä osuudessa tarkastellaan asiakkaan ehdotusta, jossa tutkimiskohteenä on kj-verkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan tuloksiin. Empiirisessä osuudessa on tähän asti käytetty valmista historiadataa Katternö Oy:ltä. Tämän tutkimiskohteen osalta tarvittavia mittaustietoja ei ole saatavilla historiadatasta. Sen vuoksi jännitteenaleneman vertailu esitetään seuraavaksi teoreettispainotteisena tarkasteluna.

Jännitteenaleneman selvittäminen aloitetaan tarkastelemalla kuvaa 21. Kuvassa on kuormitetun johdon yksivaiheinen sijaiskytkentä, jota käytetään hyödyksi jännitteenaleneman selvittämisessä. Kun kuormitusvirta I kulkee johtimessa, syntyy sen impedanssissa jännitteenalenemaa. Tämän seurauksena johdon loppupään jännite on pienempi kuin alkupään. Jännitteenalenema on alkupään jännitteen ja loppupään jännitteen itseisarvojen erotus.



Kuva 21. Kuormitetun johdon yksivaiheinen sijaiskytkentä.

Jännitteenalenema U_h on

$$U_h = |U_s| - |U_r|, \quad (2)$$

missä U_s on johdon alkupään jännite ja U_r on johdon loppupään jännite.

Seuraavaksi kirjoitetaan auki jännitteet jännitteenaleneman yhtälöstä (2)

$$U_h \cong IR \cos \varphi + IX \sin \varphi. \quad (3)$$

Jännitteenaleneman laskeminen edellyttää virran pätö- ja loistehokomponentin erottamista yhtälöstä 3. Seuraavassa yhtälössä on esitetty prosentuaalinen jännitteenalenema $U_{h,\%}$ huomioiden pätö- ja loiskomponentit:

$$U_{h,\%} = 100 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I_p R + I_q X}{U} = 100 \cdot \frac{P}{U^2} (R + X \tan \varphi), \quad (4)$$

jossa I_p on kuormitusvirran pätökomponentti ja I_q on kuormitusvirran loiskomponentti, R on johdon resistanssi, X on johdon reaktanssi ja U on verkon pääjännite.

Yhtälön 4 pohjalta aloitetaan toimet Vtrin-ohjelmistossa. Signaalit valitaan samalla tavalla muuttujaluettelosta kuin edellä generaattorin mittausten vertailua tehdessä. Yhtälön 4 perusteella jännitteenalenema pystytään laskemaan ainakin kahdella tavalla. Käytetään tässä esimerkkitapauksessa ensimmäistä vaihtoehtoa. Virta- ja jännitesignaalit viedään kuvaajaan. Tämän jälkeen lasketaan virran pätö- ja loistehokomponentit virran sen hetkistä arvoa käyttäen seuraavien kaavojen mukaisesti:

$$I_p = I \cos \varphi \quad (5)$$

ja

$$I_q = I \sin \varphi. \quad (6)$$

Taulukossa 1 on esitetty jännitteenaleneman laskussa edellytetyt arvot eriteltyinä signaaleihin, jotka tulevat Vtrin-käyttöliittymään, vakioihin ja signaaleista erikseen laskettuihin arvoihin. Taulukossa esitettyjen arvojen pohjalta voidaan laskea jännitteenalenema voltteina sekä prosentteina kaavojen 3 ja 4 mukaisesti.

Taulukko 1. Jännitteenaleneman laskemisessa tarvittavat mittaukset, vakiot ja lasketut arvot.

Signaalit Vtrin:ssä:	
Virta	I
Pääjännite	U
Jännitteen ja virran vaihekulmien ero	φ
Vakiot:	
Johdon resistanssi	R
Johdon reaktanssi	X
Lasketut arvot Vtrin:iin tulevista signaaleista:	
Kuormitusvirran pätökomponentti	I_p
Kuormitusvirran loiskomponentti	I_q

Muuttujat luodaan yhtälöiden 3 ja 4 mukaisesti. Muuttujien luonti tapahtuu samalla tavalla kuin tehokertoimen luominen kappaleessa 5.1. Resistanssi ja reaktanssi ovat vakioita, jotka perustuvat esimerkiksi tässä tapauksessa tarkasteltavan välin johtojen impedanssiin. Tämän vuoksi vakioiden arvot syötetään suoraan käyttäjän luomiin muuttujiin. Kun muuttujat on luotu ja vakiot asetettu suoraan niihin, annetaan Vtrin-käyttöliittymän laskea jännitteenaleneman arvot voltteina ja prosentteina. Samalla tavalla kuin edellä luodaan päivä- ja kuukausiraportti ja tarpeen vaatiessa muitakin raportteja. Raporttipohjaan voi käyttäjän luomien muuttujien lisäksi tuoda myös omia sarakkeita, joihin käyttäjä itse syöttää arvot. Tässä tutkimuskohteessa tarkoituksena on vertailla kj-verkon jännitteenalenemaa ja verkostolaskennan tuloksia. Tämän vuoksi raportti koostuu kolmesta sarakkeesta. Ensimmäisessä sarakkeessa on käyttäjän asettamat verkostolaskennan tulokset jännitteenalenemasta, toisessa sarakkeessa on laskettu jännitteenalenema voltteina ja kolmannessa esitetään laskettu jännitteenalenema prosentteina. Tällä tavoin raportti on selkeä ja helposti luettava.

Suomessa sallitaan yli 10 % jännitteenalenema keskijänniteverkossa, jos pienjänniteverkon jännite pysyy raja-arvojen sisäpuolella (Verkostosuositus SA 5:94 1994: 8). Taulukossa 2 on esitetty jännitteenaleneman raja-arvosuositus keskijänniteverkossa. Taulukon mukaan jännitteenaleneman on pysyttävä keskijänniteverkon alueella 3–7 %.

Taulukko 2. Suositellut jännitealueet ja jännitteenalenema kj-verkossa (Verkostosuositus SA 5:94 1994: 8).

Osaverkko	Jännitteen vaihtelualue		Jännitteenalenema (%)
	Minimi (kV)	Maksimi (kV)	
Keskijänniteverkko			
alkupää	20	21	
loppupää	19	21	3–7

Raportista nähdään vastaako verkostolaskennan tulokset verkosta kerättyjen mittausten pohjalta laskettua jännitteenalenemaa. Lisäksi jännitteenalenemaa on syytä verrata taulukossa 1 näkyvään jännitteenaleneman raja-arvoihin, jotta jännitteenalenema on sallittujen rajojen sisäpuolella. Asiakas pystyy hyödyntämään vertailun tuloksia esimerkiksi verkostosuunnittelussa ja investointien suunnittelussa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskohteeksi valittiin Historian-historiatietokantajärjestelmä, joka on vielä melko harvinainen järjestelmä Suomessa. Asiakkailta, joilla on järjestelmä käytössä ja asiakkailta, jotka ovat olleet kiinnostuneita järjestelmästä, tiedusteltiin käyttökokemuksia ja ajatuksia sekä parannusehdotuksia että heidän tarvitsemiaan käyttökohteita järjestelmälle. Kyselytuloksien pohjalta oli tarkoitus tehdä mittausmalleja.

Kysely kohdistettiin 10 henkilölle, jotka edustivat kuutta eri sähköverkkoyhtiötä Suomessa. Puolet kyselyistä lähetettiin yrityksille, joilla järjestelmä on jo käytössä. Loput kyselyt lähetettiin yrityksille, joilla ei ole kyseistä järjestelmää. Vastauksia saatiin kaikkiaan kolme kappaletta muistutuksista huolimatta. Tällöin vastausprosentiksi jää vain 30 %, joka on alle odotetun. Vastausprosentin perusteella pelkkä sähköpostin välityksellä toimitettu kysely ei ollut toimiva ratkaisu. Puhelinhaastattelu olisi voinut olla parempi haastattelumuoto korkeamman vastausprosentin ja monipuolisempien vastausten takamiseksi.

Uusia mittauksia olivat muuntajakohtainen loistehon suhde pätötehoon ja sen seuranta-historia, keskijänniteverkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin sekä muuntamoiden jakelumuuntajan lämpötila, jännitteen laatu ja pienjännitepuolen jännitemittaus. Lisäksi myös pientuotannon lisääntyminen saattaa tuoda mukanaan tarpeen seurata pienjännitepuolen jännitetasoa ja yliaaltoja.

Näiden mittausten hyödyllisyys ja tarpeellisuus ovat jokaiselle yritykselle omakohtaisia, koska asiakkaat miettivät mittauksia joko oman alueensa sähköverkon tai kaukolämmön tai sekä että kannalta. Hyödyllisyys ilmenee käyttökohteen, järjestelmän laajuuden ja sisällön mukaan. Kuitenkin muuntajakohtaista suhdetta pystyttäisiin hyödyntämään loistehon kompensoinnin ennakkoinnissa pitkällä aikavälillä. Kun taas jännitteenaleneman vertaaminen auttaa tulevaisuuden investointien suunnittelussa.

Yksi tärkeä asia on tiedon säilyttäminen. Lakisääteisiä määräyksiä tiedon säilytysajalle ei asiakkailta ole käytössä. Kyselyn vastauksista päätellen halu on kova tiedon säilyttämiseksi useamman vuoden ajaksi.

Kahden asiakkaan perustiedot historiatietokantajärjestelmästä olivat hyvät, jonka ansiosta parannusehdotukset olivat toteuttamiskelpoisia. Näillä asiakkailta ei ole käytössä historiatietokantajärjestelmää, mutta mahdollisesti he ovat olleet joskus tekemisissä kyseisen järjestelmän kanssa tai ovat paneutuneet asiaan perusteellisesti aiemmin vastausten perusteella.

Tutkimuksella saatiin arvokasta tietoa Suomen sähköverkkoyhtiöiden näkökulmasta historiatietokannan mahdollisuuksista toimia olemassa olevan SCADA-järjestelmän rinnalla. Historiatietokantajärjestelmä koettiin tärkeänä elementtinä kehittyvässä sähköverkossa, mutta ilman kokemuspohjaa järjestelmää ei koettu näiden asiakkaiden mielestä ehdottoman tärkeäksi, koska lähes samat asiat pystyy tekemään muillakin tietojärjestelmillä. Lisäksi tutkimuksessa saatiin selville, millaisia mittauksia asiakkaat pitivät tärkeimpinä omalta kannaltaan ja mitä mittauksia mahdollisesti tarvitaan tulevaisuudessa. Tämä on tärkeä asia suunniteltaessa uusia järjestelmiä, koska niihin pystyy helposti lisäämään heti alkuvaiheessa tarvittavat signaalit.

Tutkimuksessa valittiin kaksi asiakkaiden parannusehdotusta, jotka toteutettaisiin historiatietokantajärjestelmässä. Asiakkaat olivat maininneet parannusehdotuksensa omaa järjestelmäänsä ajatellen ja tämän vuoksi siitä syntyi toteutusongelmia. Tiedot kerättiin olemassa olevasta järjestelmästä Katternö Oy:ltä. Historiatiedoissa ei ollut kaikkia tarvittavia mittauksia ja tämän vuoksi esimerkkisovellukset toteutettiin saatavilla olleista signaaleista. Esimerkiksi alkuperäisenä tutkimuskohteena oli muuntajan pätöteho ja loisteho, mutta signaaleiden puutteen vuoksi tutkimuskohteeksi valittiinkin generaattori.

Tutkimuksen perimmäisenä tarkoituksena oli kerätä asiakkaiden mielestä tärkeimpiä mitaustietoja ja käyttökohteita historiatietokannalle. Vaikka vastauksia oli vähän, niin suhteessa vastauksien määrään uusia ehdotuksia mittauksille saatiin melko paljon, koska ehdotuksia tuli kaikkiaan kolme kappaletta eli saman verran kuin vastauksia yhteensä.

Kuvaajien muodostaminen oli suoraviivainen prosessi. Lisäksi kuvaajista on helposti luettavissa aikavälin minimi- ja maksimiarvot sekä keskiarvot. Myös kuukausiraportin ja päiväraportin luominen sekä luettavuus on yksinkertaista. Raporttipohjan ulkonäköön ja sisältöön käyttäjä pystyy vaikuttamaan paljon, minkä vuoksi raporteista pystyy personoimaan kullekin omanlaisensa version helposti.

Tutkimus avasi mahdollisuuden lisätutkimukseen puuttuvien mittaustietojen vuoksi. Tässä esimerkkitapauksessa huomattiin, että jakelumuuntamoilta ei juuri kerätä mittauksia. Kyselyn tuloksien perusteella jakelumuuntamoiden mittauksille olisi kuitenkin kysyntää kehittyvässä sähköverkossa. Mitä muutoksia mittaussignaalien lisääminen muuntamoilla edellyttää? Lisätutkimuksen arvoinen asia voisi olla tässä työssä käytettyjen tuntekeskiarvojen vertaaminen käsittelemättömään raakadataan. Tulisiko tällä tavoin suuri eroavaisuus esimerkiksi tehokertoimen suuruudessa?

Tehty diplomityö antaa kattavan kuvauksen historiatietokannan mahdollisuuksista erityisesti generaattorin loistehon ja pätötehon vertailussa sekä ohjeistuksen vertailuun. Työssä kerrotaan vaihe vaiheelta tarvittavat toiminnot ja asetelut, joiden avulla haluttuun lopputulokseen päästään. Tutkimustulos voi toimia esimerkiksi käyttöohjeena Historian-historiatietokannan käyttäjälle. Lisäksi jännitteenaleneman vertaamista verkostolaskennan tuloksiin käsitellään, mutta mittausdatan puute johtivat siihen, että varsinaista esimerkkisovellusta ei voitu toteuttaa. Lopputuloksena on esimerkki asiakkaalle tärkeästä tehokertoimen laskentasovelluksesta sekä teoreettinen tarkastelu jännitteenaleneman vertailusta. Lopputuloksen toivotaan herättävän kiinnostusta kyseistä järjestelmää kohtaan sekä antavan lisätietoja historiatietokantajärjestelmästä.

7 YHTEENVETO

Diplomityössä tutkittiin ABB Oy:n MicroSCADA-käytönvalvontajärjestelmän SYS600 Historian -historiatietokantajärjestelmän sovellusten hyödyntämistä Suomen sähköverkkoyhtiöissä.

Tulevaisuuden haasteina sähköverkoissa on nähty neljä asiaa; luotettavuus, kapasiteetti, tehokkuus ja kestävä kehitys. Haasteisiin on löydetty ainakin yksi toimiva ratkaisu, joka on älykkäät sähköverkot. Älykkäiden sähköverkkojen avulla muun muassa pystytään parantamaan sähköverkon luotettavuutta ja kannattavuutta. Sen avulla etävalvonta ja -ohjaus toimivat entistä sujuvammin ja vianpaikannus on nopeaa. Älykkäisiin sähköverkkoihin sisällytetään monesti erilaisia järjestelmiä esimerkiksi historiatietokantajärjestelmä, jonka ansiosta suuresta tietomäärästä saadaan suodatettua juuri haluttu tieto nähtäville. Tämän vuoksi älykkäisiin sähköverkkoihin sisällytetty historiatietokantajärjestelmä nähdään ratkaisuna sähköjärjestelmiin kohdistuviin haasteisiin. Järjestelmässä olevien raporttien avulla voidaan muun muassa suunnitella tulevia verkon investointiratkaisuja.

Diplomityön teoriaosuudessa esiteltiin sähkönjakelujärjestelmää ja sen automaatiota. Sähkönjakelujärjestelmän tehtävänä on siirtää jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähkö tai sähkövoimansiirtojärjestelmän kautta tuleva sähkö loppukäyttäjille. Sähkönjakeluautomaation yleisimpiä sähköasemakomponentteja ovat erottimet, katkaisijat, suojareleet, muuntajat ja kiskot. Lisäksi johtolähtöjen komponentteja ovat ilmajohdot ja kaapelit, muuntamot, erottimet ja vikailmaisimet. Sähkönjakelujärjestelmä sisältää myös muita laitteita ja järjestelmiä, näitä ovat esimerkiksi käytönvalvonta- ja käytöntuki-järjestelmät.

Sähkönjakeluautomaatio painottuu kj-verkkoon ja erityisesti kj-verkon sähkönjakelun valvontaan, ohjaukseen, suojaukseen ja optimointiin. Sähkönjakeluautomaatiota tutkittiin jakamalla se erilaisiin automaation tasoihin, josta esimerkkinä on yhtiötaso. Käytönvalvontajärjestelmä SCADA kuuluu yhtiöautomaatioon ja se on merkittävässä roolissa kj-verkon sähkönjakelussa ja suojauksessa, koska sen päätehtävä on sähkönjakeluverkon reaaliaikainen valvominen. SCADAn päätoimintoja ovat tapahtumatietojen hallinta, verkon

kytkentätilanteen hallinta, kauko-ohjaaminen, kaukomittaaminen, kaukoasettelut sekä raportointi. ABB Oy on suunnitellut ja kehittänyt myös oman käytönvalvontajärjestelmän – MicroSCADAn, jonka tyypillisimpiin sovelluskohteisiin lukeutuu muun muassa sähkö- ja kaukolämpöverkkojen kaukokäyttö, energian hallinta, sähköasema- ja verkostoautomaatio, automaattinen mittarien etäluenta ja lämpökeskusautomaatio. MicroSCADA-järjestelmän ydin on tietokonepohjainen SYS600-järjestelmäpalvelin, jonka ympärille koko järjestelmä rakentuu. Järjestelmäpalvelin koostuu MicroSCADAn perusjärjestelmästä, tietokannoista, perustyökaluista sekä järjestelmäkohtaisista sovelluksista.

Toisena osana diplomityön teoriaa oli historiatietokantajärjestelmä. Historiatietokantajärjestelmän perustarkoitus on kerätä historiadataa. Järjestelmä koostuu usein kahdesta komponentista, tietokannasta ja raportointityökalusta. ABB Oy:n historiatietokantajärjestelmä on nimeltään SYS600 Historian. Järjestelmän avulla suurien tietomäärien varastointi ja säilytys onnistuu sekä tietoa voidaan analysoida että jalostaa. Lisäksi käsiteltiin Historianin teknisiä ominaisuuksia ja tutkittiin järjestelmän graafista käyttöliittymää sekä muutamia sisäänrakennettuja toiminnallisuuksia.

Diplomityön empiirisessä osuudessa tutkittiin sähköverkkoyhtiöiden toivomuksia ja vaatimuksia historiatietokantajärjestelmää kohtaan. Tutkimuksen pohjaksi laadittiin kysymyslista, joka lähetettiin kuudelle asiakasyritykselle. Kysymyslistan avulla tarkoitus oli selvittää asiakkaiden ajatuksia Historian-historiatietokantajärjestelmästä. Kysymyslista kohdistettiin asiakkaille, joilla on käytössä kyseinen järjestelmä sekä asiakkaille, joilla ei ole käytössä kyseistä järjestelmää.

Vastauksia saatiin kaikkiaan kolme kappaletta, jolloin vastausprosentti oli 30 %. Vastauksien perusteella asiakkailla oli hyvät perustiedot järjestelmän sisällöstä ja toiminnoista, vaikka kaikilla ei ollut käytössä historiatietokantajärjestelmää. Monipuolisten vastausten joukosta valikoitiin kaksi toteuttamiskelpoista uutta ideaa, jotka voitaisiin toteuttaa Vtrin-käyttöliittymän avulla. Nämä kaksi valikoitua ideaa olivat muuntajakohtainen loistehon suhde päätötehoon sekä kj-verkon jännitteenaleneman vertaaminen verkostolasennan antamiin tuloksiin. Ensimmäisen idean muuntajakohtainen tutkimus kaatui muuntajalta tulevien signaalien puutteeseen, jonka myötä generaattorilta tulevat loistehon ja

pätötehon signaalit otettiin käyttöön. Generaattorikohtainen loistehon suhde pätötehoon pystyttiin tekemään ja suhdelukuna toimi generaattorin tehokerroin. Toinen asiakkaalta peräisin oleva idea, jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan tuloksiin, jäi teknisesti toteuttamatta. Jännitteenaleneman vertailu käsitellään kuitenkin teoreettisella tasolla.

Yhteenvetona diplomityö antaa kattavan kuvan historiatietokannan mahdollisuuksista käyttäen esimerkkinä generaattorin pätötehon ja loistehon vertailua. Diplomityö antaa lisäksi selvän ohjenuoran vaihe vaiheelta, mitä Vtrin-käyttöliittymä sisältää, ja miten esimerkiksi kuvaajan muodostuksessa edetään. Työtä pystyy myös hyödyntämään uusia historiatietokantaprojektien sisältöä ja signaaleita suunniteltaessa, koska työssä lueteltiin muutamia sähköverkkoyhtiöiden kannalta tärkeitä mittauksia. Jännitteenaleneman vertaaminen verkostolaskennan antamiin tuloksiin jää kuitenkin kesken empiirisessä osuudessa tietojen puutteen vuoksi. Tämän osuuden tutkimustulos olisi ollut hyödyllinen saavutus diplomityössä, koska tulosten perusteella pystyy vaikuttamaan verkon investointien suunnitteluun.

LÄHDELUETTELO

- ABB (2000). *Teknisiä tietoja ja taulukoita*. Käsikirja 10. painos. Vaasa: ABB Oy. 626 s. ISBN 951-99366-0-2. (Luku 15: Sähkönjakeluverkon automaatio)
- ABB Oy (2004). *MicroSCADA Pro SYS 600 *9.0 System Overview – Technical Description*. Manuaali. 52 s. Saatavilla Internetistä: https://library.e.abb.com/public/c7feaa4a2fdab4e9c1257268002fbab3/SYS%20600%209.0_System%20Overview_1MRS751852-MUM_ENb.pdf.
- ABB Oy (2005). Internet sivut [online]. [Viitattu 25.1.2016]. *Mitä on Sähkönjakeluautomaatio?* 10 s. Saatavilla Internetistä: [www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/.../\\$file/FSUB2209_2005.ppt](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/.../$file/FSUB2209_2005.ppt).
- ABB Oy (2007a). *HIS 600 comprehensive historian functionality*. 2 s. Saatavilla ABB Oy:n sisäisestä verkosta.
- ABB Oy (2007b). *MicroSCADA Pro SYS 600 9.2 System Configuration – Configuration Manual*. Manuaali. 196 s. Saatavilla Internetistä: https://library.e.abb.com/public/330aed88463014b7c12573f5004eadb8/SYS600_cm_756112_ENb.pdf.
- ABB Oy (2014). *MicroSCADA Pro SYS600 9.4 – Historian Configuration and Administration*. Manuaali. 96 s. Saatavilla Internetistä: https://library.e.abb.com/public/ae4c120468d8a318c1257d0a002f971f/SYS600_Historian%20Configuration%20and%20Administration_758119_ENa.pdf.
- ABB Oy (2015a). *MicroSCADA Pro SYS600 9.4 – Application Objects – Technical Description*. Manuaali. 374 s. Saatavilla Internetistä: https://library.e.abb.com/public/3be3d428a9c04097b83ec708eecea3cc/SYS600_Application%20Objects_758113_ENc.pdf.

ABB Oy (2015b). *MicroSCADA Pro - Historian*. 14 s. Julkaisematon lähde.

ABB Oy (2016a). Internet sivut [online]. [Viitattu 4.8.2016]. *ABB Oy:n kotisivut*. Saatavilla Internetistä: <http://www.abb.fi/>.

ABB Oy (2016b). *Teema*. ABB Oy:n henkilöstölehti 1/16. 25 s. Saatavilla ABB Oy:n sisäisestä verkosta.

Aspentech (2000). Internet sivut [online]. [Viitattu 18.1.2016]. *Analysis of Data Storage Technologies for the Management of Real-Time Process Manufacturing Data*. Aspen Technology Whitepapers. Saatavilla Internetistä: https://www.aspentech.com/publication_files/White_Paper_for_IP_21.pdf.

Fingrid (2004). Internet sivut [online]. [Viitattu 20.1.2016]. *Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet*. Saatavilla Internetistä: <http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCsahkoasema.aspx>.

Forsström, Stefan (2007). *Sähköverkkoyhtiön tietojärjestelmien kehittäminen*. Teknillinen korkeakoulu. Sähköverkot ja suurjännitetekniikka. Diplomityö. 129 s.

Hultholm, Håkan (2006). *Historical Information Systems in Distribution Automation*. Teknillinen korkeakoulu. Automaation tietotekniikka. Diplomityö. 84 s.

Jankowski, T., G. Davis, J. Holmes ja G. Kemper (2011). *Increasing data historian efficiency*. 2011 IEEE-IAS/PCA 53rd Cement Industry Technical Conference. St. Louis, Yhdysvallat 22–26.5.2011. ISBN 978-1-4244-9466-8. 14 s.

Jokela, Ville (2014). *Sähköasemadatan laajamittainen analysointi*. Tampereen teknillinen yliopisto. Signaalinkäsittelyn ja tietoliikennetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. 62 s.

Katternö Oy (2016). Historian-historiatietokannan historiadataa.

- Lakervi, E. & J. Partanen (2009). *Sähkönjakelutekniikka*. 2. uud. painos. Helsinki: Hakapaino. ISBN 978-951-672-359-7. 295 s.
- Mah, R. S. H., A. C. Tamhane, S. H. Tung ja A. N. Patel (1995). Process Trending with Piecewise Linear Smoothing. *Computers and Chemical Engineering* 19, Issue 2, 129–137.
- McHann, Stanley E. Jr (2013). *Grid Analytics: How Much Data Do You Really Need?* Rural Electric Power Conference (REPC). IEEE 2013. Stone Mountain Georgia, Yhdysvallat 28.4.–1.5.2013. ISBN 978-1-4673-5173-7. 4 s.
- Siemens (2016). Internet sivut [online]. [Viitattu 25.1.2016]. *Spectrum Power HIS*. Saatavilla Internetistä: <http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/control-center-solutions/grid-control-platform/about-spectrum-power/pages/historical-information-system.aspx>.
- Toporek, D. ja A. Hutchings (2011). *Making Fault Data and Non-SCADA Data Accessible for Predictive Analysis in Data Historians*. 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting. San Diego, Yhdysvallat 24–29.7.2011. ISBN 978-1-4577-1000-1. 4 s.
- Varmajoki, Jarmo (2007). *Käytönvalvontajärjestelmällä kerätyn tiedon hyödyntäminen energialaitoksen käyttötoiminnassa*. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö. 83 s.
- Verkostosuositus SA 5:94 (1994). *Keskijänniteverkon sähköinen mitoittaminen*. Helsinki: Sähköenergialiitto ry SENER. 72 s.