

**SÄHKÖASEMIEN KUNNOSSAPITOLVELUIDEN TULE-
VAISUUDEN MAHDOLLISUUDET**
Future prospects of substation maintenance services
Tomi Turkia

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Tomi Turkia

Sähköasemien kunnossapitopalveluiden tulevaisuuden mahdollisuudet

2020

Kandidaatintyö.

31 s.

Tarkastaja: TKT Jukka Lassila

Ohjaaja: Ins Petri Ilves

Teknologisen kehityksen seurauksena on alettu kehittää erilaisia älykkäitä palvelualustatuetekonsepteja. Tässä kandidaatintutkielmassa pyritään tutkimaan sähköasemien toimintakuntoa arvioivan palvelukonseptin toteutusmahdollisuuksia ja siitä aiheutuvia hyötyjä. Lisäksi pyritään selvittämään erilaisia mahdollisuuksia kunnossapidon aikataulutuksen ja kustannustehokkuuden parantamiseen. Palvelukonseptin keskiössä on älykkäästi toimiva laskentayksikkö, joka pyrkii mitatun datan perusteella arvioimaan sähköaseman kojeistojen toimintakuntoa ja luomaan kustannusarvioita kunnossapitosuunnitelman eri osa-alueista. Älykkään datankeruun ja monitoroinnin ympärille on tavoitteena suunnitella nykyaikainen, kustannustehokas kunnossapitopalvelu, jonka käytöstä niin asiakas kuin myös palveluntarjoaja hyötyvät.

Tässä kandidaatintutkielmassa tullaan tekemään ABB Power Grids Finland Oy:n Grid Integration yksikön toiminnan tueksi selvitystä nykyaikaisen sähköasemien kunnossapitopalvelun mahdollisuuksista, rajoituksista, hyödyistä, haitoista sekä tulevaisuuden näkymistä. Selvitysten pohjalta pyritään kartoittamaan kehitettävän palvelukonseptin käytännöntoteutuksen erilaisia mahdollisuuksia sekä siitä asiakkaalle ja palveluntarjoajalle aiheutuvaa lisäarvoa ja hyötyjä.

Aihetta pyritään tutkimaan tutkimuksen aikana tehtävää pilottitestausta hyödyntämällä sekä käyttämällä hyväksi aihealueesta tehtyjä tutkimuksia, artikkeleja ja muuta materiaalia. Tutkimuksessa pyritään olemaan tiiviissä yhteistyössä ABB Power Grids Finland Oy:n asiantuntijoiden sekä projektin tuotekehitystiimin kanssa ja hyödyntämään heidän tietotaitoaan.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Electrical Engineering

Tomi Turkia

Future prospects of substation maintenance services

2020

Bachelor's Thesis.

31 p.

Examiner: Dr Jukka Lassila

Director: Eng Petri Ilves

As an outcome of technological evolution, various service platform concepts that are based on smart technology and data processing have begun to be developed. The purpose of this bachelor's thesis is to research the service concept used to evaluate the operational condition of substations and to optimize maintenance scheduling and cost-effectiveness, as well as the benefits of the system. The service concept is based on an intelligent processing unit that uses measured data to evaluate the operational status of substation switchboards and to generate cost estimates for various aspects of a maintenance plan. The goal of an intelligent data processing and monitoring is to design a modern, cost-effective maintenance service that will benefit both the customer and the service provider.

In this bachelor's thesis, the feasibility, limitations, benefits, drawbacks and prospects of a modern substation maintenance service will be explored to support the operations of ABB Power Grids Finland Oy's Grid Integration Unit. Based on research results, the aim is to identify the various possibilities for the practical implementation of the service concept being developed, as well as the added value and benefits for the customer and the service provider.

The aim is to research the topic by utilizing pilot testing during the research, as well as utilizing research, articles and other material from the topic. The research aims to work closely with ABB's experts and the project's R&D team to leverage their expertise.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto.....	6
2.	kunnossapitopalvelun mahdollistamat hyödyt.....	7
3.	Uudenaikainen kunnossapitojärjestelmä	9
3.1	Kunnossapitojärjestelmän toimintaperiaate.....	9
3.2	Kunnossapitojärjestelmän tekniset vaatimukset.....	11
3.3	Yrityksen kriteerit nykyaikaisen kunnossapitojärjestelmän luomiseen.....	11
4.	kunnossapitojärjestelmän käyttöönotto ja testaus	12
4.1	Järjestelmän asennus ja käyttöönotto sähköasemalla	12
4.2	Internet-yhteyden asentaminen sähköasemalle	13
4.3	Kunnossapitojärjestelmän ohjelmien käyttöönotto	14
4.4	Katkaisijaohjauksien testaus.....	14
4.4.1	Katkaisijan ohjaustesti	14
4.4.2	Järjestelmän rajapinnan testaus	15
4.4.3	Järjestelmän kokonaisvaltainen testaus	16
5.	Uudenaikainen Kunnossapitopalvelu palveluntarjoajan näkökulmasta	17
5.1	Palveluntarjoajan työnkuvan muuttuminen	17
5.2	Palveluntarjoajan taloudelliset hyödyt.....	18
6.	Uudenaikainen kunnossapitopalvelu asiakkaan näkökulmasta	19
6.1	Asiakkaan taloudelliset hyödyt.....	19
6.2	Muut kunnossapitopalvelun asiakkaalle mahdollistamat hyödyt	20
7.	Sähköenergiajärjestelmän tulevaisuuden näkymät.....	23
7.1	Haasteet energiantuotannossa.....	23
7.2	Haasteet sähkönjakelussa	23
7.3	Sähköasemien tulevaisuus	24
8.	kunnossapitopalveluiden tulevaisuuden näkymät	26
8.1	Kunnossapitojärjestelmän erilaiset tekniset toteuttamismahdollisuudet	26
8.2	Kunnossapitopalvelun osakokonaisuudet.....	27
8.2.1	Sähköasema palveluna.....	28
9.	Yhteenveto.....	29

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

CBM	Kuntoon perustuva kunnossapito (Condition Based Management)
FACTS	Tekniikoita, joilla pyritään tehostamaan olemassa olevien AC-sähkönsiirtojärjestelmien tehokkuutta (flexible alternating current transmission system).
IoT	Esineiden internet (Internet of things)
LAN	Tietokoneiden välille muodostettava yhteys, jonka avulla dataa voidaan siirtää eri järjestelmien välillä (Local Area Network)
LTE	Internet-yhteyden muodostamiseen käytettävä tiedonsiirtotekniikka, jonka avulla nopea tietoliikenneyhteys saadaan toteutettua ilman kiinteää laajakais-tayhteyttä (Long Term Evolution).
Mikroverkko	Yhteisö, joka koostuu energiankuluttajista, jotka myös tuottavat sähkö- ja/tai lämpöenergiaa muiden kuluttajien käyttöön.
OPC	Tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään erilaisissa teollisuuden prosesseja ohjaavissa tietoteknisissä järjestelmissä (Open Platform Communications).
PPP	Kahden laitteen välille LAN-kaapelin välityksellä suoraan tehtävä yhteys (Point-to-Point Protocol)
RCM	Luotettavuuteen perustuva kunnossapito (Reliability-centred maintenance)
RPU	Tietokone, jolla kunnossapidon valvonnassa käytettävän järjestelmän ohjelmisto toimii (Reliability Care Processing Unit)
SCADA	Teollisuudessa käytettävä prosessien hallinta- ja valvontaohjelmisto (Supervisory Control And Data Acquisition)
SSH	Tietoliikenneprotokolla, jonka avulla voidaan tietoturvallisesti hallita tietokoneita etänä käyttämällä merkkipohjaista konsolia (Secure Shell).
Tehosolu	Itsenäisesti toimiva valtakunnan verkosta erillinen sähköverkko, joka tuottaa itse kuluttamansa sähköenergian.
TPM	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, laitteiden kunnossapitotekniikka, jossa huomioidaan kokonaisvaltaisesti yksittäisten laitteiden kunnan seuranta ja toimintaympäristön optimointi ja pyritään sitä kautta tehostamaan kunnossapidon toimintaa (Total Productive Maintenance).
VPN	Yhteydenpitotapa, jolla julkisen verkon välityksellä voidaan yhdistää sisäverkkoja toisiinsa (Virtual Private Network)

1. JOHDANTO

Nykyaikainen kehitys tekniikassa on menossa kaiken aikaa enemmän ja enemmän suuntaan, jossa laitteistoista tehdään suuria määriä mittauksia ja kerätään valtavia määriä dataa, jota pyritään hyödyntämään useisiin eri tarkoituksiin. Kerätyn datan lisäksi laitteet ja laitteistot oppivat kerätystä tiedosta ja kehittyvät näin ollen tarkemmiksi ja tehokkaammiksi, samalla kommunikoiden esineiden internetin (IoT) välityksellä toisilleen sekä laitteiston käyttäjälle (Haldikar, 2017). IoT:n kehityksen nykyaikaisen tietoteknisen laskentatehon sekä erilaisten käyttöliittymien avulla on mahdollista luoda järjestelmiä, joiden avulla erialisten laitteistojen kuntoa ja huollontarvetta on mahdollista seurata ja arvioida. Laitteiston toimintakunnon monitoroinnin ohella voidaan käyttäjälle muodostaa selkeä ja helppolukuinen yhteenveto laitteiston sen hetkisestä tilasta, siihen erityisesti suunnitellun käyttöliittymän välityksellä. (Brambilla, 2017).

Teknologisen kehityksen seurauksena useat toimijat pyrkivät kehittämään erilaisia kunnossapidon valvonta-alustoja osaksi tuote- ja palveluportfolioitaan. Kunnossapidon valvonta-alustojen avulla pyritään seuraamaan toimitettujen laiteratkaisuiden kuntoa sekä pyritään kehittämään varmatoimisuutta. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, minkälaisia vaatimuksia uudenaikaisella kunnossapitopalvelulla on sähköasemien tekniseltä toteutukselta sekä palveluntarjoajan puolelta. Tutkielmassa pyritään myös kartoittamaan, niin asiakkaan, kuin myös palveluntarjoajan palvelusta saamaa lisäarvoa ja hyötyä. Edellä mainittujen asioiden lisäksi työssä pyritään myös selvittämään sähköasemien sekä kunnossapitopalvelun tulevaisuuden näkymiä ja tulevaisuuden vaatimuksia.

Tutkielman tutkimuskysymyksiä ovat:

- Minkälaisia vaatimuksia kunnossapitojärjestelmällä on?
- Minkälaista lisäarvoa ja hyötyä asiakas ja palveluntarjoaja voivat saada kunnossapitojärjestelmästä?
- Minkälaiset tulevaisuudennäkymät kunnossapitopalveluilla ja sähköasemien kehityksellä on?

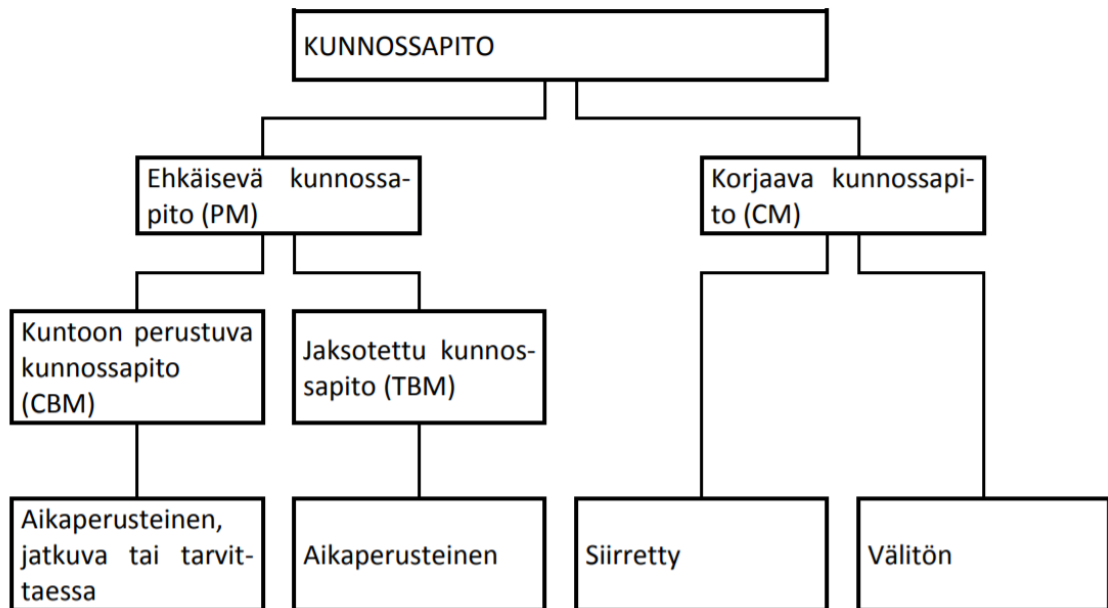
Tutkimuskysymysten pohjalta pyritään selvittämään minkälaiseksi sähköasemien kunnossapitopalvelut tulisi tulevaisuudessa kehittää.

Tutkimus pyritään pitämään käytännönläheisenä testaamalla kehitettävää järjestelmää ja palvelukonseptia tutkimuksen aikana Muukon tuulipuiston (TuuliMuukko) sähköasemalla. Pilottitestauksen aikana ollaan mahdollisimman tiiviissä yhteistyössä tuulipuiston toiminnasta vastaavan yrityksen, eli projektin asiakkaan kanssa, jotta asiakkaan näkökulmaa saadaan kartoitettua mahdollisimman hyvin.

Aihetta pyritään lähestymään hyödyntämällä, niin aiheesta tehtyjä tutkimuksia, kirjallisuutta sekä muita raportteja, kuin myös järjestelmän pilottitestauksesta kerättyä kokemusta ja tuotekehityksestä saatua tietoa. Tutkimuksessa pyritään hyödyntämään mahdollisimman laajasti ABB:n eri alojen asiantuntijoiden sekä projektin tuotekehitystiimin tietotaitoa. Erityisesti asiakkaan saamia hyötyjä ja haittoja tullaan kartoittamaan pilottiprojektin asiakkaan kanssa tehtävän yhteistyön kautta.

2. KUNNOSSAPITOPALVELUN MAHDOLLISTAMAT HYÖDYT

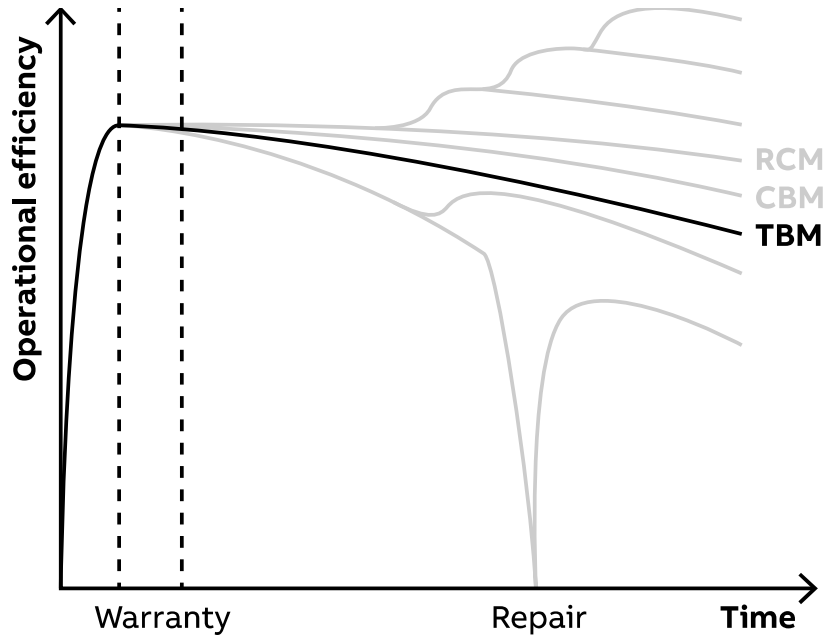
Kunnossapito voidaan jaotella usealla eri tavalla osiin. SFS-EN-13306:ssa kunnossapito on jaettu kahteen pääasialliseen osaan, jotka ovat ehkäisevä kunnossapito ja korjaava kunnossapito. Näiden kunnossapitomallien keskeisenä erona on, että ehkäisevä kunnossapito suoritetaan ennen laitteen vikaantumista ja sen tavoitteena on pyrkiä ehkäisemään laitteiston vikaantuminen. Korjaava kunnossapito puolestaan suoritetaan laitteen vikaantumisen jälkeen ja sen tavoitteena on saattaa vikaantunut laite jälleen toimintakuntoiseksi (Piironen, 2018). Edellä esitetyt kunnossapidon osat voidaan jakaa edelleen useampiin alakohtiin, kuten kuntoon perustuva kunnossapito, aikaperusteinen kunnossapito, jatkuva kunnossapito tai jaksotettu kunnossapito (Järviö, 2007). Kunnossapidon jako eri osakohtiin on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1. Kunnossapidon jako eri alakohtiin (Järviö, 2007)

Kehitettävä kunnossapitopalvelu keskittyy pääasiallisesti yhdistämään kuntoon sekä aikaan perustuvia kunnossapitomenetelmiä ja toimimaan näitä sekä tietotekniikkaa yhdistämällä. Yhdistämällä edellä mainittuja menetelmiä pyritään muodostamaan käsitys laitteiston toimintavarmuudesta ja jäljellä olevasta eliniästä. Kunnossapidon toimet pyritään siis toteuttamaan laitteiston kuntoon ja luotettavuuteen perustuen, eli niin kutsuttua luotettavuuskeskeistä kunnossapitomallia (RCM) käyttämällä.

Tällaisia toiminnallisuuksia ovat esimerkiksi riskiarviot komponenttien vikaantumisesta ja niiden taloudelliset vaikutukset, vikaantumisen seurauksena palveluntarjoajalle lähetettävät hälytykset ja laskenta-algoritmin käyttämät aikaperusteiset kunnossapito-ohjelmat. Kuvassa 2.2 on esitetty erilaisten kunnossapitomenetelmien vaikutusta laitteiston toiminnan tehokkuuteen ajan funktiona.



Kuva 2.2. Eri kunnossapitomenetelmien vaikutus sähköaseman laitteiston toiminnan tehokkuuteen ajan funktiona (ABB, 2019).

Kuvassa 2.2 voidaan huomata, kuinka aikaperusteisen sekä kuntoperusteisen kunnossapidon tapauksessa laitteiston toiminnan tehokkuus laskee tasaisesti komponenttien ikääntyessä. Käyttämällä RCM-kunnossapitoa, voidaan laitteiston toimintakuntoa pyrkiä myös kasvattamaan. Kuvassa näkyvät tehokkuuden nousut ovat harkitusti tehtyjen ennakoivien kunnossapitotoimien aiheuttamia nousuja laitteiston toimintakunnossa, joilla toimintakuntoa ja luotettavuutta pyritään parantamaan. Kuvasta voidaan myös huomata, kuinka RCM kunnossapito optimaalisissa olosuhteissa voisi pitää laitteiston toimintakunnon tasaisesti halutulla tasolla.

Kunnossapitopalvelun suunnittelua tehtäessä on syytä muistaa, että uudenaikaisen sähköaseman kuntoa valvovan tietoteknisen järjestelmän käyttö ei voi missään tilanteessa täysin korvata perinteisten menetelmien käyttöä osana kunnossapitopalvelua (Piironen, 2015). Kunnossapitojärjestelmän vianhavaintakerroin saadaan laskettua kaavalla 2.1 (Haveri, 2006).

$$\xi = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (2.1)$$

missä λ_1 viat, joita ei havaita tietokonepohjaisella kunnonvalvonnalla
 λ_2 viat, jotka havaitaan tietokonepohjaisella kunnonvalvonnalla

Vianhavaintakerroin kertoo suhdetta vioista, jotka milläkin vianhavaintakeinolla pystytään havaitsemaan. Tietokonepohjaiseen valvontaan peilattaessa voidaan huomata, että mitä suuremmaksi järjestelmällä havaittavien vikojen määrää saadaan kasvatettua, sitä parempi vianhavaintakyky kehitettävällä palvelulla voidaan saavuttaa.

3. UUDENAIKAINEN KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ

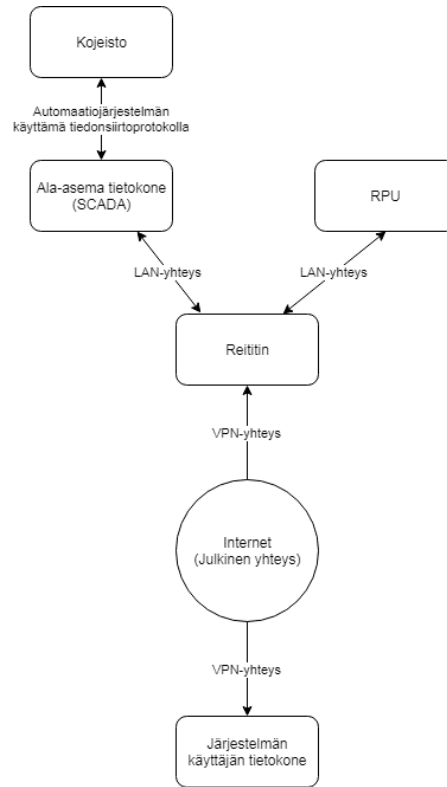
3.1 Kunnossapitojärjestelmän toimintaperiaate

Kehitettävän kunnossapitopalveluun käytettävän tietoteknisen järjestelmän peruseriaatteenä on, että joko sähköasemalle asennetaan tietokone (RPU), jolle asennetaan kunnossapitoon käytettävä ohjelmisto, tai ohjelmiston asennus toteutetaan keskitetyille serverille. Asennettava ohjelmisto sisältää selainpohjaisesti toimivan käyttöliittymän, jonka avulla palveluntarjoaja valvoo sähköaseman komponenttien tilaa ja niistä muodostettuja kustannus- ja riskiarvioita. Kunnossapitojärjestelmä on mahdollista toteuttaa myös kokonaan tai osittain toimimaan palveluntarjoajan serverillä. Tällaisessa toteutuksessa sähköaseman ala-asema liitetään suojattua yhteyttä hyödyntämällä keskitettyyn serveriin, johon järjestelmän käyttämä ohjelmisto on asennettu. Järjestelmän käyttäjä pystyy edelleen käyttämään järjestelmän käyttöliittymää serveriin muodostetun suojatun yhteyden avulla. Näin ollen sähköasemalle ei tarvitse välttämättä asentaa RPU:ta.

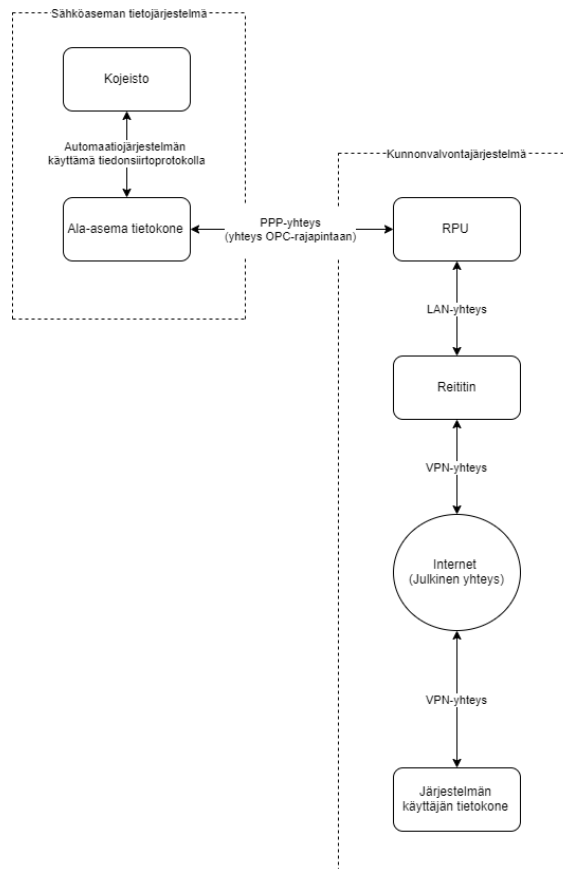
Sähköaseman kojeistosta tehtävät mittaukset, joita voidaan valvoa sähköaseman ala-asema tietokoneella olevan valvontaohjelmiston (SCADA) kautta saadaan siirrettyä jonkin rajapinnan välityksellä RPU:lle. Yhteys sähköaseman ala-asematietokoneen ja RPU:n välillä toteutetaan joko yhdistämällä laitteet samaan lähiverkkoon (LAN) tai yhdistämällä RPU ja ala-asema tietokone toisiinsa LAN-kaapeleilla, eli luomalla niin kutsuttu PPP-yhteys.

Jotta RPU:ta voitaisiin käyttää serverinä etävalvottavalle kunnossapitojärjestelmälle, tulee se liittää myös internetiin. Internet-yhteys voidaan toteuttaa joko kiinteällä laajakaistayhteydellä tai mobiiliyhteydellä, joka on varustettu julkisella IP-osoitteella. Internet-yhteyden muodostamisen jälkeen, tulee sähköaseman lähiverkkoon sallia yhteyden muodostaminen ulkopuolelta joko tekemällä reitittimestä portinohjaus, jonkin portin kautta tai muodostamalla VPN-yhteys sähköaseman sisäverkkoon. Mikäli halutaan pitää tietoturva mahdollisimman hyvällä tasolla, on suositeltavampaa käyttää VPN-yhteyttä, sillä portinohjausta käytettäessä yhteyttä ei ole suojattu millään tavalla, joten se on tietoturvan näkökulmasta riski (Jyöthi, 2018). Käytännöntoteutuksessa ei tulisi soveltaa VPN-yhteyttä kevyempää ratkaisua etäyhteyden muodostamisessa, sillä muutoin altistetaan sähköasema merkittäville tietoturvariskeille. Sähköasemien rooli sähköverkon osana on usein niin merkittävä, että tietoturvan vaarantaminen voi aiheuttaa erittäin vakavia seurauksia.

Tietoturvan sekä toteutuksen näkökulmasta PPP-yhteyden muodostaminen ala-asema tietokoneen ja RPU:n välille olisi käytännön toteutuksen kannalta järkevämpää. Mikäli yhteyshierarkia toteutetaan PPP-yhteyden avulla, ei ala-asematietokonetta tarvitse yhdistää suoraan internetiin, vaan kaikki yhteydenpito voitaisiin toteuttaa RPU:n kautta. Tällaisessa toteutuksessa myös järjestelmän kokonaisvaltainen toteutus olisi yksinkertaisempi ja palvelun asiakkaiden kannalta todennäköisesti houkuttelevampi, sillä koko kehitettävä järjestelmä voitaisiin yhdistää yhdellä LAN-kaapelilla ala-asemaan. Muutoin koko järjestelmä toimisi itsenäisenä kokonaisuutena muiden sähköaseman tietojärjestelmien rinnalla. Kuvassa 3.1 on esitetty toteutus, jossa kaikki laitteet on yhdistetty samaan lähiverkkoon ja kuvassa 3.2 on esitetty toteutus, jossa yhteys ala-aseman ja RPU:n välillä on toteutettu ainoastaan PPP-yhteyden avulla.



Kuva 3.1 Yhteydet kunnossapitojärjestelmän eri laitteiden välillä toteutuksessa, jossa kaikki laitteet on yhdistetty samaan lähiverkkoon



Kuva 3.2. Yhteydet kunnossapitojärjestelmän eri laitteiden välillä toteutuksessa, jossa yhteys kunnossapitojärjestelmään on toteutettu PPP-yhteyden avulla.

3.2 Kunnossapitojärjestelmän tekniset vaatimukset

Kunnossapitojärjestelmä asettaa sähköasemalle jonkin verran vaatimuksia teknisesti. Nykyaikaiset sähköasemat ovat tyypillisesti varusteltu sillä tavalla, että tässä tutkielmassa kehitettävässä palvelukonseptissa käytettävä järjestelmä olisi mahdollista asentaa. Otettaessa huomioon, että sähköasemien kojeistojen käyttöiät ovat tyypillisesti noin 40 vuotta (Fingrid, 2017) voidaan huomata, että edelleen on käytössä merkittävä määrä kojeistoja, joissa ei ole esimerkiksi digitaalista hallintajärjestelmää (SCADA), nykyaikaisten tietoliikenneprotokollien välityksellä kommunikoiduvia kojeiston osia tai ala-asema tietokonetta, jota voitaisiin hyödyntää kunnossapitojärjestelmässä.

Tietotekniset asiat voidaan katsoa merkittävimmiten vaatimuksiksi nykyaikaisen kunnossapitojärjestelmän teknisiä vaatimuksia kartoitettaessa. Edellä mainittujen tietoteknisten vaatimusten lisäksi, on kuitenkin huomioitava mm. riittävä tilavaraus RPU-laitteen asennusta varten. Sähköaseman maantieteellinen sijainti on myös otettava huomioon, mikäli halutaan mahdollistaa etävalvonta ja niin ollen muodostaa internetyhteys sähköasemalle.

Kehitettävän kunnossapitojärjestelmän teknisiksi kriteereiksi voidaan listata:

- Valvontajärjestelmä (SCADA), joka tukee jotakin rajapintaa, jonka avulla kunnossapitojärjestelmä voidaan yhdistää automaatiojärjestelmään
- Ala-asematietokone, joka voidaan liittää lähiverkkoon tai muodostaa suojattu yhteys kunnossapitojärjestelmän serveriin
- Kojesto, joka voi kommunikoida ulkoisten järjestelmien kanssa nykyaikaisten tiedonsiirtoprotokollien mukaisesti
- Tilavaraus RPU-laitteelle, mikäli järjestelmä halutaan toteuttaa paikallisesti
- Mahdollisuus luoda yhteys internetiin sähköasemalta, mikäli etävalvonta halutaan mahdollistaa

3.3 Yrityksen kriteerit nykyaikaisen kunnossapitojärjestelmän luomiseen

Nykyaikaisen koneoppivan järjestelmän toteuttaminen vaatii teollisessa mittakaavassa korkeatasoista osaamista algoritmien kehittämisestä, suurten datamäärien hallitsemisesta, useiden tietoteknisten järjestelmien yhteensovittamisesta ja koneoppimisen eri tekniikoista (Bajic, 2018). Yrityksen, joka kehittää älykkäästi toimivaa, suuria datamääriä hallitsevaa järjestelmäkokonaisuutta, tulee olla riittävä osaaminen ohjelmoinnista sekä riittävät resurssit projektin hallitsemiseen, joka vaatii asiantuntijoita useilta eri tekniikan osa-alueilta, jotta projekti voi onnistua suunnitellusti. Riittävien resurssien ja osaamisen lisäksi tulee yrityksellä olla tuntemusta ja kerättyä dataa kojeistoista, jotta laitteiston kuntoa arvioiva laskenta-algoritmi saadaan onnistuneesti toteutettua.

4. KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

Kehitettävää kunnossapitajärjestelmää testataan tutkimuksen aikana TuuliSaimaa Oy:n hallinnassa olevalla Muukon tuulipuiston sähköasemalla. Pilottitestauksen tavoitteena on saada tietoa asioista, jotka paikallisesti asennettavan järjestelmän käyttöönotossa olisi hyvä pyrkiä huomioimaan sekä käyttöönoton suorittamisen jälkeen pyrkiä kartoittamaan palveluntarjoajalle ja asiakkaalle koituvia hyötyjä järjestelmästä.

4.1 Järjestelmän asennus ja käyttöönotto sähköasemalla

Ennen pilottitestauksen aloittamista, asennettiin sähköasemalle RPU-laite. Ennen laitteen asentamista, oli kohteeseen valittava soveltuva laiteratkaisu, jota tullaan käyttämään RPU:na. Laitteen valinnassa erityisen oleellista on kartoittaa sähköaseman käytännön rajoitukset laitteelle, eli kuinka paljon vapaata tilaa on käytettävissä laitteen asentamista varten. Tilavaatimuksen lisäksi tulee laitteen tietotekniset ominaisuudet kartoittaa siten, että siinä on riittävä määrä oikeanlaisia liitäntäportteja, joiden kautta yhteys ala-asema tietokoneeseen sekä reitittimeen saadaan toteutettua halutulla tavalla. Teknisten vaatimusten jälkeen, on mietittävä, halutaanko kunnossapitajärjestelmään lokaali käyttöliittymä sähköasemalle vai valvotaanko järjestelmää ainoastaan etäkäytön avulla.

Pilottikokeilun sovelluskohdetta suunniteltaessa pyrittiin selvittämään järjestelmän mahdollisuuksia mahdollisimman laajasti, johon perustuen laitevalinnat tehtiin. Mahdollisuuksien kartoittamiseksi mahdollisimman laaja-alaisesti, valittiin RPU-laitteeksi kosketusnäytöllä varustettu teollisuus PC. Kyseisen laitteen hyväksi puoliksi arvioitiin pilottikokeilua suunniteltaessa suuri 15,6-tuumainen kosketusnäyttö, jonka avulla sähköasemalle voidaan luoda lokaali käyttöliittymä kojeistojen toimintakunnon valvomista varten. Lisäksi laite sisälsi kaksi LAN-verkkosovitinta, joiden avulla oli mahdollista toteuttaa, niin PPP-yhteys ala-asematietokoneen ja RPU:n välille, kuin myös kiinteä LAN-yhteys reitittimen kautta sähköaseman sisäverkkoon, jolloin yhteyksien toiminta saadaan varmemmaksi ja voidaan testata erilaisten yhteyshierarkioiden toimintaa käytännössä.

Laitteen valinnan jälkeen, tuli sille suunnitella sopiva paikka sähköasemalta fyysistä asennusta varten. Asennusta suunniteltaessa on oleellista miettiä, kuinka suuren tilan laitteen asentaminen vaatii sekä kuinka sen vaatima käyttöjännite saadaan johdotettua laitteelle. Lisäksi on hyvä suunnitella liitettävien verkkokaapeleiden kulkureitit, jotta ne saadaan toteutettua mahdollisimman optimaalisesti. Näitä vaatimuksia ajatellen, päädyttiin pilottikokeilun tapauksessa asentamaan RPU-laite päämuuntajan suojauskaapin oveen. Tällaisessa laitteen paikan valinnassa hyötynä oli sopiva määrä vapaata tilaa sekä mahdollisuus käyttöjännitteen johdottamisesta suojauskaapin riviliittimiltä. Päämuuntajan suojauskaapin valinta asennuksen sijainniksi oli looginen myös, koska ala-asema tietokone oli sijoitettu kyseisen keskukesen sisään. Sähköaseman sisäverkon reititin oli myös asennettu päämuuntajan suojakaapin yläpuolelle, joten verkkoyhteyksien kaapeloinnin toteutus oli tällaisella valinnalla helposti toteutettavissa. Kuvassa 4.1 on esitetty RPU:n asennuksen toteutus sähköasemalle.



Kuva 4.1. RPU-laitteen asennuksen toteutus päämuuntajan suojakaapin ovenssa.

4.2 Internet-yhteyden asentaminen sähköasemalle

Kehitettävän kunnossapitopalvelun tietotekniset järjestelmät eivät voi toimia ilman luotettavaa tiedonsiirtoyhteyttä, mikäli järjestelmän etähallinta halutaan mahdollistaa. Pilottikokeilussa oli tavoitteena pyrkiä kokeilemaan mahdollisimman laajasti erilaisia mahdollisuuksia järjestelmälle, joten etähallinta sisällytettiin myös toteutettavaan kokonaisuuteen. Käytettävällä sähköasemalla ei ennestään ollut kiinteää internet-yhteyttä, joten järjestelmän toteuttamiseksi päätettiin sähköaseman kunnosta vastaavan yrityksen kanssa luoda sähköasemalle LTE-mobiiliyhteys. Mobiiliyhteys toteutettiin asentamalla sähköasemalle LTE-yhteyttä tukeva reititin, johon hankittiin kiinteällä julkisella IP-osoitteella varustettu mobiililiittymä.

Sähköaseman syrjäisen sijainnin takia mobiiliyhteyden muodostamisessa ongelmia aiheutti huono signaali lähimpään LTE-tukiasemaan. Huonon signaalin seurauksena etäyhteyden toiminta oli hyvin epävakaa, joten tietoteknisen järjestelmän käyttäminen ei kyseistä internetiyhteyttä hyödyntäen olisi ollut mahdollista. Mobiiliyhteyden signaalin parantamiseksi hankittiin sähköasemalle asennetun modeemin antennien ja modeemin välille jatkojohdot, jotka mahdollistivat LTE-antennin siirtämisen sähköaseman ulkopuolelle. Antennin siirtämisen jälkeen signaali saatiin riittävälle tasolle ja ongelma yhteyden pätkimisestä ratkaistua.

4.3 Kunnossapitojärjestelmän ohjelmien käyttöönotto

Mobiiliyhteyden muodostamisen jälkeen, tarkoituksena oli saada luotua luotettavasti toimiva etäyhteys sähköaseman sisäverkkoon. Etäyhteyden toteuttamiseksi päädyttiin soveltamaan VPN-yhteyden muodostamista sähköaseman reitittimeen, koska verrattuna porttien ohjaamisella toteutettavaan etäyhteyden muodostamiseen, VPN-yhteys on huomattavasti tietoturvalisempi (Jyothi, 2018).

RPU-laitteen huoltotoimenpiteitä ajatellen, otettiin palveluntarjoajalle käyttöön suojattu etäyhteys laitteeseen. Etäyhteyden avulla voidaan mm. tehdä tarvittavat ohjelmistomuutokset kunnossapito-ohjelmistoon ja järjestelmäpäivitykset RPU-laitteeseen.

Kunnossapitopalvelua varten kehitetty ohjelmisto otettiin laitteiston käyttöönoton yhteydessä myös käyttöön. Ohjelmiston käyttöönotto pystyttiin tekemään muodostettuja etäyhteyksiä hyödyntämällä turvallisesti etänä. Kehitetyn kunnossapito-ohjelmiston käyttöönotossa keskeisintä oli sähköaseman kojeistojen tyyppien ja mallien konfigurointi ohjelmaan, jotta laskenta-algoritmin avulla voidaan arvioida kojeiston kunto mahdollisimman tarkasti tehtyjen mittausten perusteella. Lisäksi kehitettyyn ohjelmaan tuli konfigurointivaiheessa muodostaa sähköaseman kojeistojen yksiviivadiagrammi, joka tulee näkymään kunnossapito-ohjelman käyttöliittymässä. Lisäksi ohjelmaan määriteltiin kriittiset hälytykset, joista seuraa automaattinen yhteydenotto kunnossapitopalvelun palveluntarjoajaan.

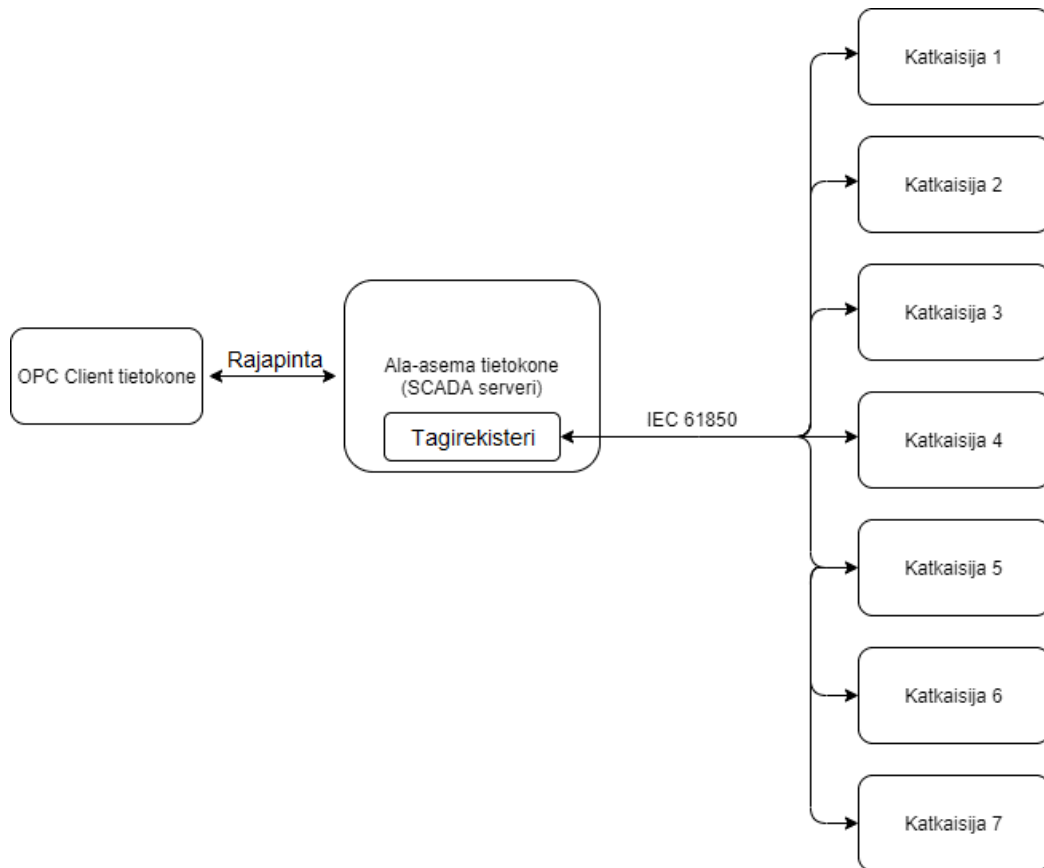
4.4 Katkaisijaohjauksien testaus

Uuden kunnossapitojärjestelmän kautta on mahdollista ohjata myös katkaisijoiden toimintaa. Ohjaus suoritetaan muiden yhteyksien tapaan sähköasema-automaation rajapinnan kautta. Katkaisijaohjauksia pyrittiin testaamaan useilla erilaisilla testeillä, ennen järjestelmän kokonaisvaltaista käyttöönottoa.

Katkaisijan auki- sekä kiinniohjaus suoritetaan automaatiojärjestelmän ohjaustageja hyödyntämällä. Automaatiojärjestelmässä on tagit, joita ohjaamalla rajapinnan avulla, voidaan suorittaa katkaisijan avaaminen ja sulkeminen. Katkaisijan sulkeminen tai avaaminen tapahtuu käytännössä antamalla ensin valintakäskey halutun katkaisijan avaamiselle tai sulkemiselle. Valintakäskyn jälkeen, tulee toiminnon suorittamiseksi antaa halutulle katkaisijalle suorituskäskey. Suorituskäskyn jälkeen halutun toiminnon tulisi suoriutua, mikäli katkaisijan ohjaus on tehty oikein.

4.4.1 Katkaisijan ohjaustesti

Ensimmäisessä testausvaiheessa pyrittiin selvittämään, että katkaisijan ohjaaminen automaatiojärjestelmään toteutetun rajapinnan avulla on mahdollista. Testaus suunniteltiin toteutettavaksi käyttämällä yksinkertaista client-ohjelmaa, jonka avulla automaatiojärjestelmän serverin tagirekisteriin pystyttiin kirjoittamaan yksittäisiä arvoja. Testauksen suunnitelmana oli ohjata sähköasemalla olevan varalähdön katkaisijaa auki sekä kiinni ja varmistua näin ohjaustoimintojen sekä rajapinnan toimivuudesta. Testauksen järjestely toteutettiin yhdistämällä sähköaseman sisäverkkoon erillinen tietokone, johon oli toteutettu rajapinnan käyttämistä varten edellytetyt konfiguraatiot. Testauksen järjestely on havainnollistettu kuvassa 4.2.



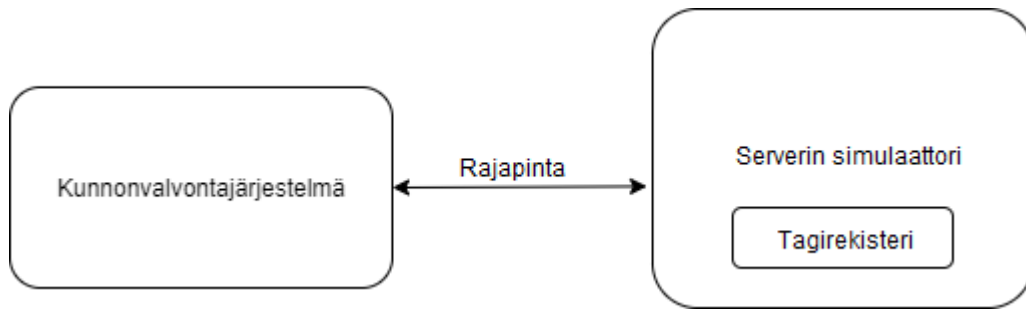
Kuva 4.2. Lohkokaavioesitys katkaisijoiden ohjaamisesta.

Testauksen alussa muut sähköaseman katkaisijoiden suojarieleet asetettiin paikalliskäyttö(local)-tilaan, jolloin niiden ohjaaminen vahingossa ei olisi mahdollista. Ensinnäkin testattiin katkaisijan sulkemista rajapinnan avulla antamalla varalähdön, eli katkaisijan numeron seitsemän suojarieleelle sulkemisen valintakäske. Valintakäsken jälkeen annettiin kyseiselle katkaisijalle vielä sulkemisen suorituskäske. Suorituskäsken antamisen jälkeen, katkaisija sulkeutui, eli testi oli onnistunut. Katkaisijan sulkemisen jälkeen toistettiin samanlainen testi katkaisijan avaukseen, joka myös onnistui. Edellä esitettyjen testausten jälkeen voitiin varmistua, että katkaisijoiden ohjaus rajapinnan avulla on mahdollista. Testauksessa huomattiin kuitenkin, että auki- sekä kiinniohjauksen jälkeen katkaisijan tilatiedon päivittyminen serverin tagirekisteriin kesti joitakin sekunteja.

4.4.2 Järjestelmän rajapinnan testaus

Järjestelmän rajapinnan testauksessa pyrittiin selvittämään, että kehitettävä järjestelmä osaa tehdä katkaisijan auki- sekä kiinniohjaukset oikealla tavalla. Testaus toteutettiin luomalla todellisen järjestelmän serveriä jäljittelevä simulaattori serveri, jota järjestelmän avulla pyrittiin ohjaamaan.

Testauksen alussa yhdistettiin ensin kunnossapitajärjestelmä erillisellä tietokoneella olevaan simulaatio serveriin luotua rajapintaa hyödyntäen. Yhteyden muodostamisen jälkeen linkitettiin simulaatio serveriin luodut tagit järjestelmän ohjauksiin. Testauksen järjestely on esitetty kuvassa 4.3.



Kuva 4.3. Järjestelmän rajapinnan testauksen lohkodeigrammi.

Kun tarvittavat linkitykset oli tehty, voitiin testata, pystyykö järjestelmä ohjaamaan katkaisijoita halutulla tavalla. Suoritettaessa simuloitu avautoiminto, voitiin huomata avaus sekä avauksen suoritus tagien vaihtuvan arvoon yksi oikeassa järjestyksessä. Testaus kuitenkin päättyi virheilmoitukseen, sillä järjestelmä odotti katkaisijan tilatiedon vaihtuvan välittömästi suorituskäskyn jälkeen. Edellisessä katkaisijan ohjaustestauksessa oli huomattu, että katkaisijan tilatiedon muuttuminen avauskomennon jälkeen kesti joitakin sekunteja, jonka mukaan myös simulaatio toimi. Vastaavanlainen ongelma havaittiin myös kiinniohjauksen tapauksessa. Näin ollen testauksen voitiin katsoa epäonnistuneen osittain ja ennen järjestelmän yhdistämistä oikeaan katkaisijaan, päätettiin katkaisijanohjaustoimintoon lisätä 10 sekunnin viive ennen katkaisijan tilatiedon tarkastamista.

4.4.3 Järjestelmän kokonaisvaltainen testaus

Kun oli saatu varmuus, että järjestelmä pystyi ohjaamaan automaatiojärjestelmää rajapinnan avulla sekä, että katkaisijan ohjaaminen rajapintaa hyödyntäen on mahdollista, voitiin siirtyä järjestelmän kokonaisvaltaiseen testaukseen. Järjestelmän kokonaisvaltaisessa testauksessa yhdistettiin kunnossapitojärjestelmä sähköaseman ala-asetatietokoneen automaatioserveriin ja tehtiin järjestelmään tarvittavat ohjauskonfiguraatiot katkaisijan avaamiseksi ja sulkemiseksi. Testaus oli tarkoitus suorittaa sähköasemalla olevan varalähdön katkaisijalla, joten kaikkien muiden katkaisijoiden suojeleat asetettiin paikallisohjaukseen, ettei väärän katkaisijan ohjaaminen ole mahdollista.

Kun kaikki edellä mainitut valmistelut oli tehty, kokeiltiin avata katkaisija järjestelmän avulla. Kun järjestelmästä annettiin katkaisijan avauskäsky, voitiin katkaisijan huomata välittömästi avautuvan. Järjestelmän rajapinnan testauksessa huomattu virhetoiminta katkaisijan tilatiedon lukemisessa oli korjattu asettamalla viive ohjaustoimenpiteen ja tilatietoa osoittavan tagin tarkastuksen välille. Näin ollen ennen kuin katkaisijan avauksen onnistumisesta saatiin tieto järjestelmään, kesti siinä vielä 10 sekuntia. Vastaavanlainen testaus suoritettiin avauksen jälkeen myös katkaisijan sulkemiselle. Sulkemistestaus onnistui myös, joten kokonaisvaltaisen testauksen voidaan katsoa onnistuneen suunnitellusti, eikä siinä huomattu virhetoimintoja.

5. UUDENAIKAINEN KUNNOSSAPITOPALVELU PALVELUNTARJOAJAN NÄKÖKULMASTA

Siirryttäessä CBM-keskeiseen kunnossapitopalveluun, muuttuu palveluntarjoajan työ merkittävästi verrattuna perinteiseen aika- tai jaksotusperusteiseen kunnossapitopalveluun. Kehitettävä kunnossapitojärjestelmä mahdollistaa useita hyötyjä toiminnan tehokkuuden kehittämisen kannalta sekä saa aikaan taloudellisia säästöjä. Mikäli kunnossapitopalvelun toteuttamiseen käytettävä järjestelmä on riittävän tarkka, voidaan CBM keskeisestä kunnossapidosta siirtyä edelleen RCM, eli luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon.

5.1 Palveluntarjoajan työnkuvan muuttuminen

Eroja, joita palveluntarjoajan työnkuvaan tulee ovat mm. tietotekniikan laaja hyödyntäminen osana kunnossapitotyötä sekä koneoppimisen hyödyntäminen kunnossapitopalvelun kehittämisessä. Lisäksi perinteiseen kunnossapitopalveluun liittyvät tarkastuskäynnit sähköasemilla vähenevät merkittävästi, koska etäyhteyksiä sekä tehtäviä mittauksia hyödyntämällä osa kunnossapitoon liittyvästä työstä voidaan suorittaa etänä. Palveluntarjoajan työnkuvan voidaan nähdä kehittyvän tietotekniikkaa ja etävalvontaa hyödyntävään suuntaan, jonka erona nykyiseen työnkuvaan on pääasiallisesti ympäristö, jossa työ tehdään. Nykyisin kunnossapitopalveluiden parissa työskentelevien sähköalan ammattilaisten työympäristö on tyypillisesti sähköasema, jolla tarkastuksia tehdään, kun taas kehitettävässä uudentyyppisessä kunnossapitopalvelussa merkittävä osa työstä voidaan toteuttaa esimerkiksi toimistoympäristössä. (Räsänen, 2017).

Kunnossapitopalveluiden parissa työskentelevien henkilöiden työnkuvassa muuttuu työympäristön lisäksi oleellisesti myös työtehtävät. Tämänhetkiseen tilanteeseen verrattuna tulevaisuudessa osa työhön käytettävästä ajasta tulee kulumaan kunnossapitopalvelun keskiössä olevan tietoteknisen järjestelmän kehittämiseen (Trappl, 2016). Järjestelmän kehittämisen kannalta olennaisia työtehtäviä, joita kunnossapidon parissa työskentelevät tulevat todennäköisesti tekemään ovat järjestelmän toiminnan seuraaminen, järjestelmän virhetoimintojen kirjaaminen ja raportointi sekä uusien toiminnallisuuksien kehittäminen, joilla järjestelmästä voidaan saada enemmän lisäarvoa kunnossapitopalveluun (Räsänen, 2017).

Merkittävänä muutoksena kunnossapitotyössä on myös sen vaatiman työvoiman määrä. Koska laskenta-algoritmit hoitavat valtaosan sähköasemien kunnan tarkkailemisesta, ei siihen työhön tarvitse enää niin suurta määrää työvoimaresursseja. Palveluntarjoajan näkökulmasta voidaan nähdä kehitettävän kunnossapitojärjestelmän aiheuttavan ilmiön, jossa kunnossapitotyötä tekevien henkilöiden määrä laskee hieman. Ilmiö aiheutuu, koska tietotekniikan ansiosta, yksi henkilö voi hallita suurempaa määrää sähköasemia, joiden toimintakuntoa valvotaan. (Trappl, 2016).

Kunnossapitopalveluiden parissa työskentelevien henkilöiden työvälineet tulevat myös osittain muuttumaan. Aikaisemmin kunnossapitoa suoritettaessa esimerkiksi tarkastuskäynneiltä tehtävät raportit on tehty siten, että valvontakäynnin aikana tulokset ja huomiot on kirjattu paperille tai esimerkiksi tabletin muistiinpano applikaatioon. Tarkastuskäynnin jälkeen tuloksien pohjalta on kirjoitettu raportti. Kehitettäessä uutta järjestelmää, on mahdollista toteuttaa toiminnallisuus, jossa tarkastuskäynnin yhteydessä tehtävät havainnot syötetään suoraan järjestelmään esimerkiksi matkapuhelinapplikaatiota tai selainpohjaista käyttöliittymää hyödyntämällä. Syötettyjen tietojen perusteella järjestelmä voisi edelleen gene-

roida automaattisesti raportin. Tällainen toiminnallisuus parantaa entisestään työn tehokkuutta kunnossapitopalvelussa ja mahdollistaa täysin yhdenmukaisten tarkastusraporttien kirjoittamisen.

5.2 Palveluntarjoajan taloudelliset hyödyt

Siirtyminen kohti RCM-keskeistä kunnossapitopalvelua mahdollistaa palvelua tarjoavalle organisaatiolle usein taloudellisia hyötyjä. Toisaalta aikaperusteisessa kunnonvalvonnassa voi myös olla tilanne, jossa sähköasemalle tehdään tarpeettoman paljon huoltotoimenpiteitä. Tällaisessa tapauksessa siirtyminen luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon voi aiheuttaa palvelun tarjoajalle myös negatiivisia taloudellisia vaikutuksia, koska osa tehtävästä työstä jätetään jatkossa tekemättä. (Ilves, 2020). Nykyisin laajasti käytössä oleva aikaperusteinen kunnossapito ei suurimmassa osassa sovelluskohteista ole kuitenkaan taloudellisesti optimaalisin. Taloudellinen epätehokkuus aikaperusteisessa kunnossapidossa aiheutuu, komponenttien eliniän sekä huollontarpeen ennustamisen hankaluudesta erilaisissa olosuhteissa. (Piironen, 2015).

Aikaperusteinen kunnossapito-ohjelma perustuu pohjimmiltaan valmistajan ilmoittamiin arvioihin komponenttien käyttöiästä sekä huollontarpeesta. Valmistajan on useasti kuitenkin haasteellista antaa yksiselitteisiä arvioita kunkin komponentin käyttöiästä tai huollontarpeesta, sillä ne riippuvat hyvin suuresti sovelluskohteesta. Koska valmistajan on haasteellista arvioida aikaperusteisesti komponenttien käyttöikä, pyrkivät valmistajat tyypillisesti suosittamaan komponenteille huoltoaikataulua, joka on yleispätevä. Yleispätevässä aikataulussa haittapuolena on, että useissa sovelluskohteissa komponenteilla olisi vielä uusimishetkellä käyttöikä jäljellä, jolloin palveluntarjoajan tekemä komponentin uusiminen on tarpeeton. (Räsänen, 2017).

Taloudellista hyötyä palveluntarjoajalle aiheutuu myös kunnossapitopalvelun työnkuvan muuttumisen seurauksena. Työnkuvan muuttuessa aiemmin esiteltyyn tietotekniikkaa hyödyntävään suuntaan, saadaan samalla työvoiman määrällä suurempi määrä kunnossapitokohteita valvottua. Tällöin voidaan kunnossapitopalvelun piiriin ottaa suurempi määrä sähköasemia ilman tarvetta lisätyövoiman palkkaamiselle. Tällainen tilanne, jossa työn tehokkuutta parantamalla voidaan saada lisätuottoa aikaan, aiheuttaa palveluntarjoajalle merkittäviä taloudellisia hyötyjä. Kaavasta 2.1 voidaan laskea vianhavainnointikerroin kehitettävälle järjestelmälle. Vianhavainnointikertoimesta voidaan nähdä yhteys palveluntarjoajalle aiheutuvien taloudellisten hyötyjen näkökulmasta. Kunnossapidossa käytettävän ohjelmiston vianhavainnointikertoimen noustessa, tarkoittaa se sitä, että paikan päällä tehtävän kunnossapito-osuuden määrää voidaan vähentää, koska yhä suurempi osa vioista voidaan havaita etäyhteyksiä käyttämällä.

6. UUDENAIKAINEN KUNNOSSAPITOPALVELU ASIAKKAAN NÄKÖKULMASTA

Kunnossapitopalvelun asiakkaita ovat oleellisesti sähköasemien omistajat tai sähköasemien käytöstä vastaavat toimijat. Käytännössä valtaosa sähköasemista on joko kantaverkkoyhtiön, sähköverkkoyhtiöiden, teollisten toimijoiden tai sähköenergian tuottajien hallinnassa (Elovaara, 2011). Sähköaseman omistajan keskeinen intressi kunnossapidon kannalta on saada pidettyä sähköasema mahdollisimman hyvässä kunnossa, jotta sähkönsiirto sähköaseman kautta on tehokasta ja varmatoimista. Sähköasemaa hallinnoivan toimijan tavoitteena on siis toisin sanoen saada mahdollisimman suuri investoinnin tuottokyky tehdystä sähköasemainvestoinnista. On helposti ymmärrettävissä, että kunnossapito vaikuttaa olennaisesti investoinnin tuottokykyyn ja vaikuttaa näin ollen myös sähköaseman toiminnasta vastaavan tahon liiketoimintaan. (Järviö, 2007).

Kehitettävän kunnossapitopalvelun kannalta potentiaaliset asiakkaat voidaan jakaa kahteen osaan. Asiakkaat voivat olla uuden sähköaseman toiminnasta vastaavia toimijoita tai jo olemassa olevan sähköaseman toiminnasta vastaavia. Uuden sähköaseman kohdalla palvelun toteuttaminen on mahdollista ottaa huomioon jo sähköaseman suunnitteluvaiheessa. Tällaisessa tapauksessa voidaan kojeistot sekä muut sähköaseman laitteistot toteuttaa siten, että ne on helposti yhdistettävissä kunnossapitojärjestelmään. Kunnossapitojärjestelmän vaatimille komponenteille voidaan uudiskohteen tapauksessa varata fyysisesti riittävä tila sähköasemalta. Uudiskohteen omistajan intressi on olennaisesti toteuttaa sähköasema siten, että sähkönsiirto on luotettavaa ja tehokasta koko sähköaseman elinkaaren ajan. Jo olemassa olevan sähköaseman tapauksessa sähköaseman toiminnasta vastaavan intressinä on pyrkiä pitämään sähkönsiirto luotettavana käyttöiän loppuun saakka tai pyrkiä jatkamaan kustannustehokkaasti sähköaseman käyttöikä (Elovaara, 2011).

6.1 Asiakkaan taloudelliset hyödyt

Kehitettävä kunnossapitopalvelu mahdollistaa perinteiseen kunnossapitopalveluun verrattuna huomattavasti kustannustehokkaamman toiminnan asiakkaan näkökulmasta. RCM-keskeisessä kunnossapidossa komponenttien jäljellä olevasta käyttöiästä saadaan parempi käsitys verrattuna toimintaan, jossa komponenttien käyttöikä arvioitaisiin pelkästään valmistajan ilmoittaman arvioidun käyttöiän perusteella.

Uuden sähköaseman tilanteessa voidaan siis saada paras mahdollinen hyöty kehitettävästä kunnossapitopalvelusta, koska uudiskohteessa komponenteilla on lähtötilanteessa täysi käyttöikä edessään ja se saadaan hyödynnettyä tehokkaasti, RCM-kunnossapidolla. Tässä tilanteessa saadaan myös TPM (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito) tyypillisesti toteutettua erityisen tehokkaasti, koska jokaisen laitteen toimintaa pystytään seuraamaan alusta asti ja säätämään laitteiden toiminnan kannalta olennaiset asiat, kuten toimintaympäristön lämpötila, kosteus, yms. mahdollisimman kustannustehokkaasti ja komponenttien eliniän kannalta optimaalisesti.

Mikäli uudenaikainen kunnossapitojärjestelmä otetaan käyttöön ns. jälkiasenteisesti, eli jo olemassa olevaan sähköasemaan, ei komponenttien käyttöikä välttämättä saada enää parhaalla mahdollisella tavalla hyödynnettyä, koska niiden käyttöiästä osa on jo käytetty. Koska osa käyttöiästä on jo käytetty, on mahdollista, että sähköasemalle on jo tehty kunnossapitoinvestointeja aikaperusteisesti, eli pohjautuen toimittajan arvioihin komponenttien käyttöiästä. Edellä mainitun skenaarion lisäksi voi olla mahdollista, että osa komponenteista on

jo vaihdon tarpeessa ja luo epävarmuutta kokonaisuuden toimintaan tai pahimmillaan kuormittaa enemmän muita järjestelmän komponentteja.

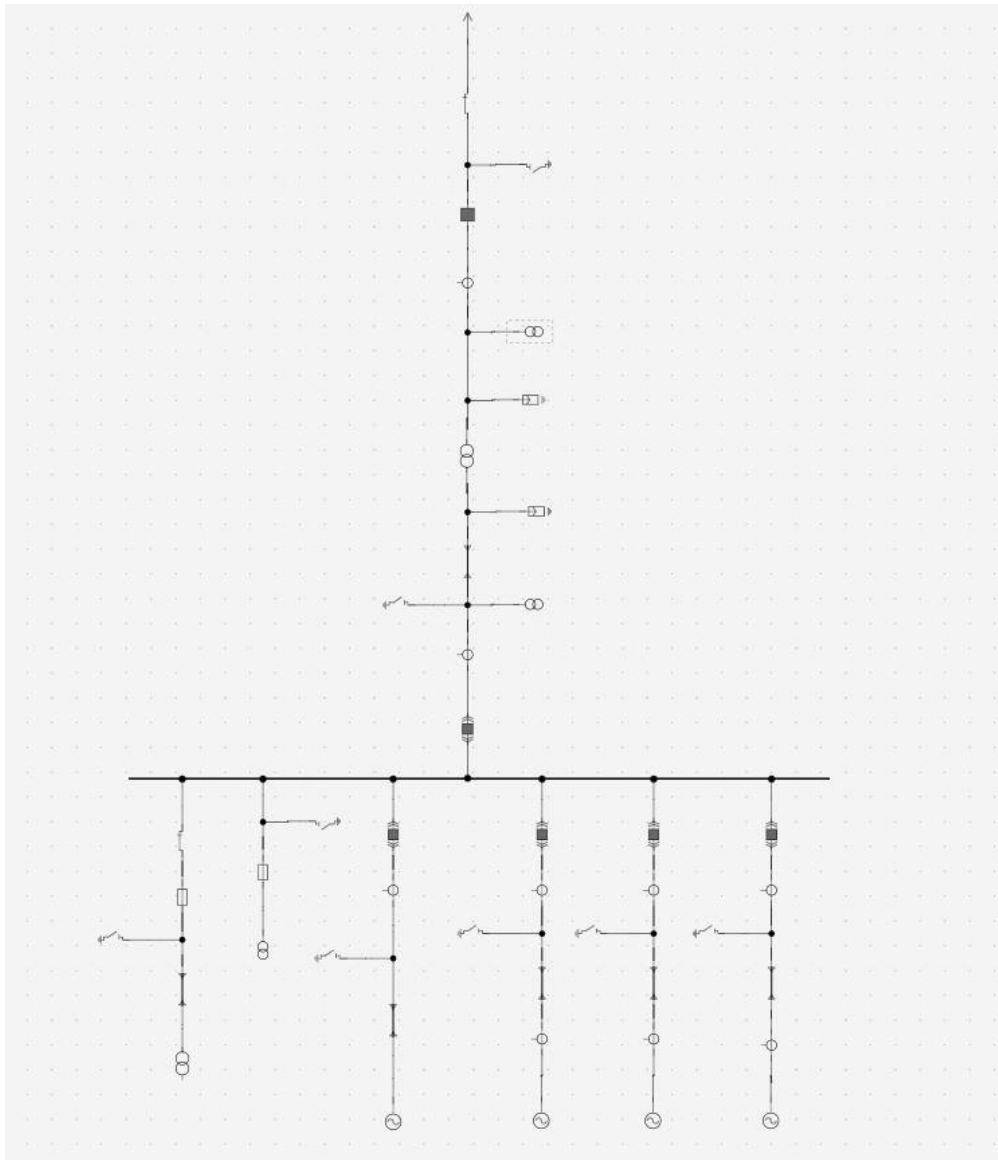
Kehitettävän kunnossapitopalvelun käytöllä asiakas voi saada toimintaansa myös kokemusperäistä lisäarvoa. Tällä tarkoitetaan sitä, että mikäli asiakas olisi esimerkiksi tuulivoimantuottaja, joka omistaa useita tuulipuistoja, voidaan eri tuulipuistojen sähköasemien laitekannan olettaa käyttäytyvän jossakin määrin samankaltaisesti. Mikäli eri tuulipuistojen sähköasemilla hyödynnetään uudenaikaista kunnossapitojärjestelmää, voi sähköaseman omistaja saada tulevaisuutta ajatellen arvokasta tietoa eri komponenttien käyttäytymisestä, toimintaympäristön olosuhteiden vaikutuksesta laitteen toimintaan, yms. Tällaiset parannukset voivat välillisesti aiheuttaa asiakkaalle merkittäviä hyötyjä toiminnan kehittämisen näkökulmasta.

Kunnossapitopalvelun asiakas hyötyy palvelusta erityisesti siinä tapauksessa, kun kunnossapitoon käytettävä järjestelmä pystyy havaitsemaan vikaantumisen riskin jo hyvissä ajoin ennen riskin realisoitumista. Tämä mahdollistaa huoltotoimenpiteiden ajoittamisen ajankohintaan, joka on asiakkaalle muiden huoltotoimenpiteiden kannalta luonteva ja kustannustehokas. Järjestelmän toimiessa tällä tavalla, asiakas välttyy yllättäviltä katkoilta, jotka aiheutuvat joko vian tai vian korjaustoimenpiteiden seurauksena. Koska ylimääräisiä katkoja ei tarvita, ei myöskään palvelun asiakkaan prosessissa tapahdu tuotannon tehokkuutta alentavia katkoja.

6.2 Muut kunnossapitopalvelun asiakkaalle mahdollistamat hyödyt

Taloudellisten hyötyjen lisäksi asiakas voi saada muutakin lisäarvoa toimintaansa käyttämällä älykästä kunnossapitopalvelua. Kunnossapitopalvelu vähentää epävarmuutta sähkönjakelussa, joka olennaisesti vähentää asiakkaan prosesseissa ilmeneviä katkoksia. Tämän ansiosta palvelun asiakkaan toimintaa saadaan tehostettua sekä vähennettyä monessa sovelluksessa kunnossapidon tarvetta, koska keskeytyksen seurauksena aiheutuvat laitevauriot vähenvät. Esimerkkinä edellisestä tilanteesta voidaan mainita esimerkiksi sähkönjakelusta johtuva teollisuusprosessin seisahtuminen, jonka takia prosessi jumittuu tilaan, jossa välituote menetetään vian seurauksena. Välituotteen menettämisen lisäksi on mahdollista, että välituote saattaa esimerkiksi hallitsemattomasti levitä tuotantolaitoksen laiteillassa, jolloin se voi aiheuttaa merkittäviä laitevaurioita.

Kehitettävän kunnossapitopalvelun keskiössä olevassa ohjelmistossa on mahdollisuus myös tehdä sähköaseman ohjaustoimenpiteitä. Tällaisia ohjaustoimenpiteitä ovat mm. Katkaisijoiden, erottimien sekä käämikytkimien ohjaukset. Mikäli asiakkaan toiminnan kannalta on käytännöllistä, voidaan kunnossapito-ohjelmistoa käyttää sähköaseman etäohjaukseen yksiviivadiagrammin avulla SCADA ohjelmiston tavoin. Kuva ohjelmiston ohjausnäkyvästä on esitetty kuvassa 6.1.



Kuva 6.1. Kunnossapito-ohjelmiston hallintanäytön yksiviivadiagrammi.

Mikäli sama omistaja omistaisi useita sähköasemia tai muita sähkönjakeluun käytettäviä tiloja, kuten muuntamoita tai kytkemöitä, voitaisiin kaikkien omistajan sähkönsiirtoon tai -jakeluun käytettävien laitteiden kunnossapito integroida myös samaan ohjelmistoon. Integroitaessa kaikki operatiivisen toiminnan kannalta olennaiset toiminnot yhteen selainpohjaisesti toimivaan ohjelmaan, voidaan käyttäjälle mahdollistaa eri laitteistojen valvonta ja tarvittaessa myös hallinta etäkäytöllä mistä tahansa. Tällainen toimintamalli toisi tehokkuutta ja helpottaisi sähköaseman toiminnasta vastaavan yrityksen operatiivista toimintaa, koska kunnossapitohenkilöstö voisi kirjata kaikki suunnitteilla olevat, tehdyt, lykättyt, jne. toimet yhtenäiseen järjestelmään. Niin ollen epäselvyydet informaation löytymisestä eri ohjelmien välillä vähenisivät. Kunnossapito-ohjelmiston laajamittaisessa operatiivisessa käytössä kaikille, joilla on tarve käyttää ohjelmistoa, voitaisiin luoda yksilölliset käyttäjätunnukset palveluun, jolloin kunkin käyttäjän käyttöoikeudet voidaan määrittää niin, että tarvittavien toimenpiteiden tekeminen ja informaation hakeminen järjestelmästä on mahdollista. Jokainen käyttäjä voi myös itse määrittää oman käyttäjänsä käyttöliittymän haluamansalaiseksi, jolloin käytön kannalta olennaiset asiat olisivat helposti löydettävissä järjestelmän käyttöliittymässä.

Nykyaikaisissa SCADA-ohjelmistoissa on toiminnallisuuksia mm. vianpaikantamiseen sähköverkossa. Tällaiset toiminnot on toteutettu suojareleiltä saatavaa dataa hyödyntämällä ja ovat siten integroitavissa valtaosaan nykyaikaisista sähköasematoteutuksista. Mikäli valvontaohjelmistoon sisällytetään vianpaikannustoiminnallisuuksia, mahdollistetaan sähköverkon operoinnista vastaavalle toimijalle kattavampi käsitys sähköverkon tilasta ja toimintakunnosta. Vianpaikannustoiminnot mahdollistavat sähköverkon operaattorille myös mahdollisuuden paikantaa esimerkiksi verkossa ilmenevät maasulut ja kohdentaa niin ollen tarvittavat korjaustoimenpiteet paremmin oikeaan verkon osaan. (Ahola, 2020).

Erityisesti suuremmilla toimijoilla, kuten sähköverkkoyhtiöillä on käytössä koko sähköjakelujärjestelmän ohjaukseen SCADA-ohjelmisto. Mikäli sen rinnalle otettaisiin käyttöön älykäs kunnossapitojärjestelmä, voitaisiin SCADA-ohjelmistoa käyttää järjestelmän kokonaisvaltaiseen ohjaamiseen ja kunnossapitojärjestelmää sähköasemien toimintakunnon valvomiseen, ylläpitämiseen ja kunnossapitotoimien kirjaamiseen. Mikäli sähköasemalle toteutettaisiin paikallinen käyttöliittymä kunnossapitojärjestelmään ja mahdollistettaisiin erilaisen toimintojen, kuten katkaisijaohjausten suorittaminen, ei SCADA-ohjelmisto tarvitsisi erillistä näyttöpäätettä sähköasemalla, vaan sen toiminta voitaisiin rajata keskusvalvomotaksolle.

Myös kunnossapidon ja kunnonvalvonnan näkökulmasta SCADA-ohjelmiston ja kunnossapitojärjestelmän rinnakkainen käyttö mahdollistaisi hyvän alustan operatiivisen toiminnan toteuttamiseen, niin asiakkaan kuin myös palveluntarjoajan näkökulmasta. Suurempien toimijoiden tapauksessa keskusvalvomoon voitaisiin SCADA:n rinnalle toteuttaa asiakkaalle näkymä sähköverkon kokonaisvaltaiseen kunnossapitojärjestelmään, johon kaikki operoitavan verkon sähköasemat olisi integroitu. Tällaista järjestelmää voitaisiin käyttää sähköasemien kunnan reaaliaikaiseen valvontaan ja tuoda siten verkon toiminnasta vastaavalle toimijalle tärkeää informaatiota sähköasemien todellisesta kunnosta. SCADA säilyttäisi näin ollen pääasiallisena työkaluna verkon operointiin ja kunnossapitojärjestelmää käytettäisiin asiakkaan toimesta sähköasemien kunnan tarkkailuun ja mahdollisesti paikallisten kytkentätoimenpiteiden suorittamiseen sähköasemilla esimerkiksi huoltotoimenpiteiden aikana. Palveluntarjoajan näkökulmasta järjestelmää käytettäisiin perustana kunnossapitopalvelun toteuttamisessa ja kunnossapitotoimien suunnittelussa.

7. SÄHKÖENERGIAJÄRJESTELMÄN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Koko sähköenergiajärjestelmä on suuren muutoksen edessä. Tämänhetkiset globaalit ongelmat fossiilisten polttoaineiden käytön sekä ilmastomuutoksen suhteen ovat aiheuttaneet merkittäviä energia-alaa ohjaavia uusia sääntöjä, lakeja ja tavoitteita. Näiden tavoitteiden seurauksena energiantuotanto on kehittymässä kaiken aikaa ilmastoystävällisempään suuntaan. Tällainen kehitys energiantuotannossa aiheuttaa sähköenergian kulutuksen sekä sähköverkkojen näkökulmasta merkittäviä haasteita. (Elovaara, 2011).

7.1 Haasteet energiantuotannossa

Haasteet, joita ilmastoystävällisen energiantuotanto aiheuttaa, ovat seurausta tällaisen energiantuotannon jaksollisuudesta. Energiantuotannon jaksollisuudella tarkoitetaan, että energiantuotanto on riippuvainen ulkoisista tekijöistä, kuten auringosta tai tuulesta, joita ei voida säätää. Tämä aiheuttaa ongelman, ettei uusiutuvaa sähköenergiaa tuotantoa voida nykyiseen tapaan tehostaa kulutuksen niin vaatiessa. Lisäksi uusiutuva energiantuotanto voi aiheuttaa tilanteita, joissa energiaa tuotetaan merkittävästi kulutusta enemmän.

Sähköenergian kuluttajien rooli sähköenergiajärjestelmän osana tulee todennäköisesti myös muuttumaan tulevaisuudessa. Mikroverkot tulevat olemaan merkittävä osa tulevaisuuden sähköenergiajärjestelmää, joka mahdollistaa uusiutuvan energian laajamittaisemman käytön, mutta aiheuttaa samanaikaisesti monia haasteita ja muutoksia sähköenergiajärjestelmän kannalta. Tällaisia muutoksia ovat esimerkiksi tilanteet, joissa asuinalueille asennetaan merkittävä määrä aurinkopaneeleja ja aurinkoisen sään seurauksena, kuluttajat alkavatkin syöttää energiaa verkkoon kuluttamisen sijasta. Tällaiset muutokset on otettava huomioon erityisesti sähköverkkojen suunnittelussa tulevaisuudessa, jotta verkon kapasiteetti on riittävä sähköenergian kasvavalle mikrotuotannolle tulevaisuudessa. (Hannula, 2020).

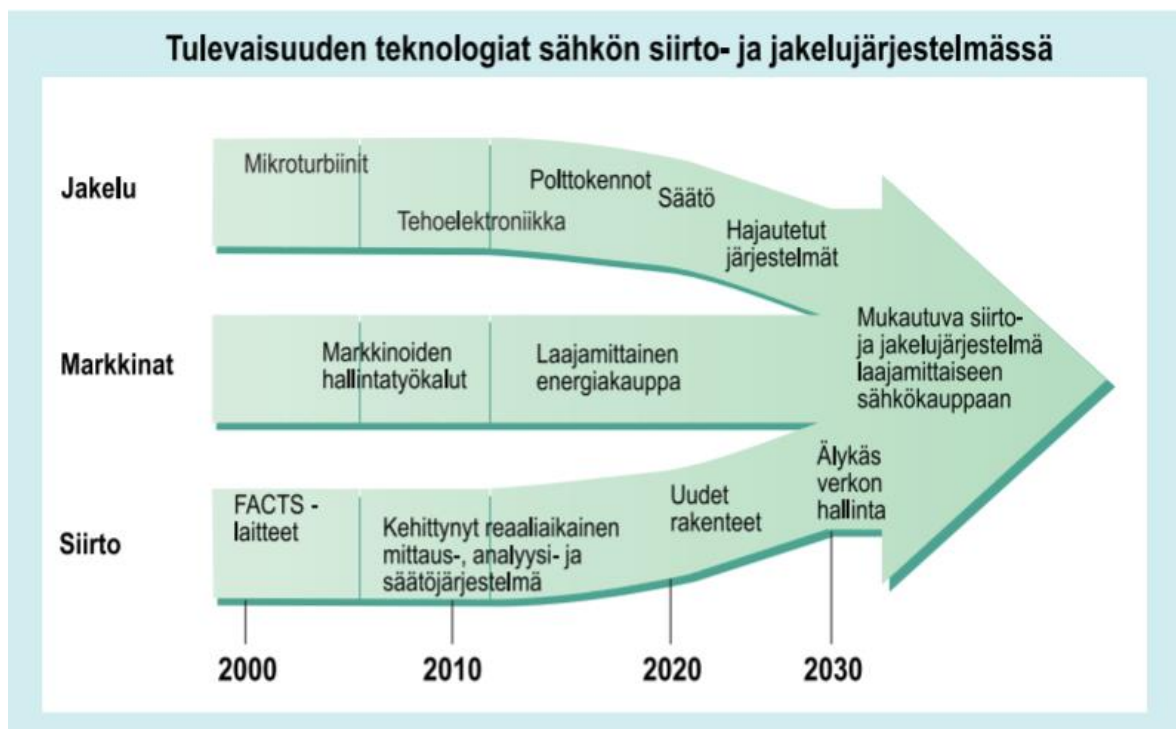
Jotta edellä mainitut haasteet energiajärjestelmän osalta saadaan ratkaistua, tulee koko järjestelmää pystyä hallinnoimaan tehokkaasti. Sähköenergiajärjestelmän kannalta IoT:llä tulee olemaan suuri vaikutus mm. kysynnänjouston ja mikroverkkojen osalta. IoT:n kehittyessä mahdollistetaan laitteiden keskinäinen kommunikaatio, jota hyödyntämällä koko sähköenergiajärjestelmää saadaan dynaamisemmaksi ja mahdollistetaan uusiutuvien energiantuotantomuotojen laajamittainen käyttö osana järjestelmää (Elovaara, 2011). Myös energian varastoinnin voidaan olettaa tulevaisuudessa lisääntyvän. Jo nykyisessä tilanteessa suuremmat uusiutuvan energian tuottajat käyttävät erilaisia akkujärjestelmiä energian varastointiin, jolloin saadaan ympäristöystävällisesti tuotettua energiaa syötettyä verkkoon suurimman kysynnän aikana. Nykyisin ongelmana akkujärjestelmissä on kuitenkin niiden tämänhetkinen hinta. Energian varastointijärjestelmien hinnan ollessa nykyisellä tasolla ei kovinkaan monissa sovelluskohteissa ole vielä taloudellisesti kannattavaa hyödyntää edellä mainittuja energianvarastointimenetelmiä laajamittaisesti. (Hannula, 2020).

7.2 Haasteet sähköjakelussa

Energiajärjestelmän muuttuessa sähköverkolta vaaditaan yhä enemmän ja enemmän joustavuutta. Tulevaisuuden energiajärjestelmässä uudet ilmiöt, kuten liikenteen sähköistyminen ja uusiutuvan energian tuotanto luovat haasteita, joiden voidaan olettaa kuormittavan sähköverkkoa täysin uudella tavalla. Tällaisten ongelmien ratkaisemiseksi tulee suunnitella erilai-

sia toteutuksia mm. sähkön huipputehon leikkaamiseen ja energian varastointiin. Myös suurten datacentereiden rakentaminen Suomeen aiheuttaa sähkönkulutuksen merkittävää kasvua, jonka voidaan olettaa tulevaisuudessa kiihtyvän vielä nykyisestä tasosta (Ilves, 2020).

Joustavuutta energiajärjestelmään pyritään saamaan hyödyntämällä tulevaisuuden sähköverkoissa yhä enemmän ja enemmän tietotekniikkaa ja tietoliikenneyhteyksiä hyödyntäviä ratkaisuja. Tietotekniikkaa laajasti hyödyntäviä ratkaisuja ovat mm. erilaiset FACTS-laitteet sekä hajautetut järjestelmät. Edellä mainittujen ratkaisuiden lisäksi on hyvin todennäköistä, että tehoelektroniikan sekä mikroturbiinien käyttö jakeluverkoissa tulee tulevaisuudessa yleistymään entisestään. Edellä mainituilla keinoilla on mahdollista saada sähköverkon joustavuutta ja verkon dynamiikkaa parannettua huomattavasti nykyiseen järjestelmään verrattuna. (Hirvonen, 2002). Kuvassa 7.1 on esitetty sähkön siirto- ja jakeluteknologioiden kehitys eri vuosikymmenillä.



Kuva 7.1. Sähkön siirto- ja jakeluteknologioiden kehitys eri vuosikymmenien aikana (Hirvonen, 2002).

7.3 Sähköasemien tulevaisuus

Sähköenergiajärjestelmän kehityksellä on erittäin selkeä yhteys sähköjärjestelmän kehitykseen tulevaisuudessa. Sähköasema toimii osana sähköenergiajärjestelmää, eli muutokset kulutuksessa ja tuotannossa muodostavat reunaehdot, jotka sähköasemien tulee tulevaisuudessa täyttää.

Uusiutuvan energiantuotannon yleistyessä sähköasemia rakennetaan yhä enemmän mm. tuulipuistojen yhteyteen. Tällainen muutos sähköasemien käyttötarkoituksessa aiheuttaa monia tekijöitä, jotka tulee huomioida sähköasemien toteutuksessa. Uusiutuvan energiantuotannon yhteydessä sähköasemille on tyypillisesti, että niiden läpi saatetaan hetkellisesti siirtää suuria määriä sähkötehoa, mutta vastakohtana on myös paljon hetkiä, jolloin sähköaseman läpi ei siirretä tehoa juuri lainkaan. Erityisesti kunnossapidon kannalta tällainen käyttö aiheuttaa

paljon haasteita. Koska sähköaseman käyttö on jaksottaista, on haastavaa arvioida komponenttien kestävyyttä ja toiminnan luotettavuutta perinteisillä kunnossapidon keinoilla. Tätä näkökulmaa silmällä pitäen, on erityisesti kustannustehokkuuden näkökulmasta ensisijaisen tärkeää pyrkiä kehittämään kunnossapitoa suuntaan, jossa komponenttien kuntoa pyritään arvioimaan yksilöllisesti. Yksilöllisen tarkkailun avulla, sähköasemien toimintaa hallitsevien tahojen on mahdollista tehdä merkittäviä taloudellisia säästöjä sekä parantaa sähkönjakelun luotettavuutta.

Tulevaisuudessa sähköasemien määrä tulee sähkön kysynnän ja hajatuotannon vuoksi lisääntymään (Ilves, 2020). Sähköasemien määrän kasvaessa, on yhä hankalampaa hallita niiden kuntoa ja toimintavarmuutta. Myös sähköasemien operoiminen voi aiheuttaa tulevaisuudessa haasteita määrän ja maantieteellisen sijainnin takia. Sähköasemien operointiin ja hallitsemiseen on eri valmistajilla erittäin paljon erilaisia hallintaohjelmistoja, joiden yhteensovittaminen voi aiheuttaa monia haasteita. Koska sähköasemien määrä on kasvussa, tulee myös niiden yhtenäisestä hallinnasta yhä tärkeämpää ja siihen tullaan tarvitsemaan uusia ratkaisuja.

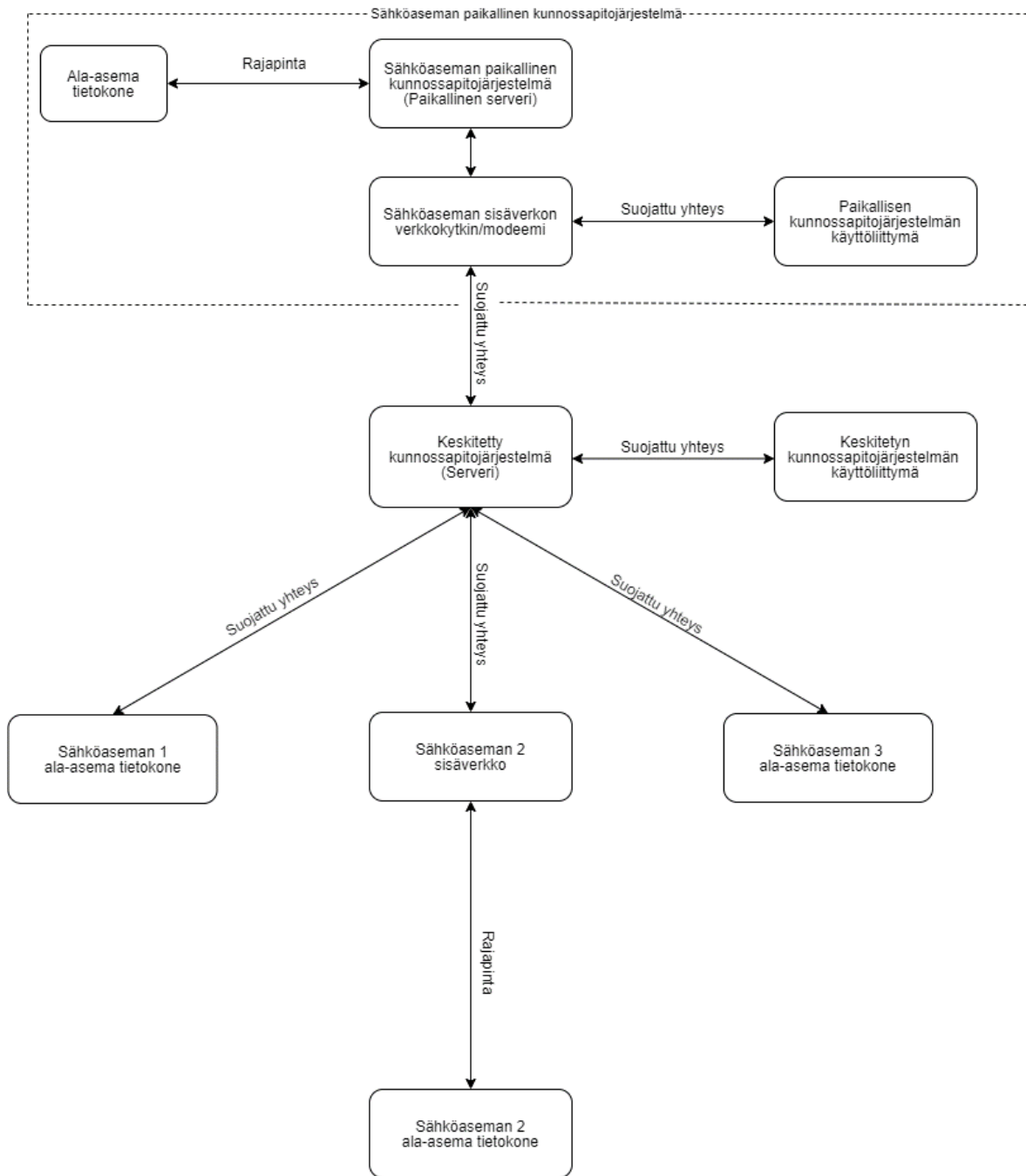
8. KUNNOSSAPITOPALVELUIDEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Sähköllä on nykyaikaisessa yhteiskunnassa erittäin suuri merkitys. Tulevaisuudessa sähkön merkityksen voidaan olettaa kasvavan yhä entisestään, kun yhä useammat arkipäiväiset asiat kuten liikenne sähköistyvät. (Hirvonen, 2002). Sähkön merkityksen kasvaessa myös sähköverkon solmukohtien, eli sähköasemien toimivuuden ja luotettavuuden merkitys korostuu entisestään. On olennaista ymmärtää, että sähköasemien luotettava toiminta on merkittävässä roolissa koko sähköenergiajärjestelmän toimivuuden kannalta. Sähköasemien epäluotettava toiminta voi johtaa pahimmillaan merkittäviin keskeytyksiin sähkönjakelussa ja aiheuttaa niin ollen useille osapuolille merkittäviä taloudellisia tappioita sekä lukuisia muita haittoja.

8.1 Kunnossapitojärjestelmän erilaiset tekniset toteuttamismahdollisuudet

Tarkasteltaessa tämän tutkielman pilottikokeilussa toteutettua järjestelmää, voidaan huomata sen rajoituksena palveluntarjoajan näkökulmasta liittäminen suurempaan kokonaisuuteen. Nykyisen järjestelmätoteutuksen tapauksessa tuulipuistoa olisi mahdollista laajentaa ja mikäli laajennuksessa otettaisiin käyttöön uusi sähköasema, voitaisiin se helposti liittää nykyiseen järjestelmään. Kuitenkin pilottikokeilun serveriin on käytännön toteutuksen kannalta haasteellista liittää kunnonvalvottavia sähköasemia kyseisen tuulipuiston ulkopuolelta. Tämä johtuu siitä, että uusien asemien liittäminen pitäisi tapahtua mobiiliyhteyden kautta ja niin ollen verkon asettamat rajoitukset ovat merkittäviä. Myöskään pilottikokeilun sisäverkkoa ei ole suunniteltu siten, että siihen olisi mahdollista liittää suurta määrää uusia sähköasemia, vaikka serveri itsessään toimisi laajemminkin toteutuksessa.

Mikäli nykyinen sähköasemalla oleva kunnossapitojärjestelmä haluttaisiin liittää osaksi laajempaa järjestelmää, voitaisiin se tehdä liittämällä sähköaseman sisäverkko suojattua yhteyttä hyödyntäen osaksi laajemman järjestelmän verkkoa. Näin toimittaessa jäisi sähköaseman sisäinen kunnossapitojärjestelmä entiselleen, mutta palveluntarjoaja pystyisi seuraamaan ja hallitsemaan kyseisen sähköaseman kunnossapitoa suuremman kokonaisuuden kautta. Laajempaan keskitettyyn järjestelmään voitaisiin pilottikokeilun tapaisen paikallisen kunnossapidon lisäksi liittää myös sähköasemia, joilla ei olisi paikallista kunnossapitojärjestelmää suojatun yhteyden avulla. Esimerkki keskitetyn kunnossapitojärjestelmän lohko-kaaviosta on esitetty kuvassa 8.1.



Kuva 8.1. Lohkokaavio keskitetyn kunnossapitojärjestelmän toteutuksesta.

8.2 Kunnossapitopalvelun osakokonaisuudet

Palvelukokonaisuutta suunniteltaessa tulee suunnitella, minkälaisia osakokonaisuuksia palveluntarjoajan on järkevää tarjota. Kunnossapitopalveluun on sisällytettävä tarpeellinen määrä tarvittavia palveluosa-alueita, jotta voidaan turvata sähköaseman luotettava toiminta ja saavuttaa haluttu toimintavarmuus. Tällaisia palveluosa-alueita ovat mm. huoltotoimien suorittaminen, varaosatoimitukset ja käytönjohtopalvelut.

Palvelukokonaisuuteen sisällytettävät osakokonaisuudet on suunniteltava asiakkaan kanssa yhdessä tapauskohtaisesti, jolloin mahdollistetaan jokaiselle sähköasemasovellukselle par-

haiten soveltuva palvelukokonaisuus. Erityisen tärkeää on muodostaa selkeä käsitys kunnossapitopalvelun tavoitteista. On siis määritettävä, minkälainen toimintavarmuus sähköasemakokonaisuudelle halutaan saavuttaa sekä halutaanko palveluun sisällyttää esimerkiksi kokonaisvaltainen sähköaseman käytönjohto- ja operointipalvelu. Kokonaisvaltaisessa käytönjohto- ja operointipalvelussa palveluntarjoaja voisi kunnossapidon ohella hoitaa kaiken sähköaseman kannalta tarpeellisen operoinnin, eikä asiakkaan tarvitsisi näin ollen lainkaan huolehtia sähköaseman operatiivisesta toiminnasta. Palvelukokonaisuus tulisi suunnitella sillä tavoin, että se on asiakkaan suuntaan joustava. Tällainen palvelukokonaisuuden toteutus tarkoittaisi, että ei ole vain tiettyjä yleisvaltaisia ennalta määritettyjä palvelukokonaisuuksia, joista asiakkaalle valitaan soveltuva, vaan että palvelukokonaisuus määritetään asiakkaan todellisten tarpeiden mukaan.

8.2.1 Sähköasema palveluna

Tulevaisuudessa on hyvin todennäköistä, että sähköasemia aletaan toimittamaan kokonaisvaltaisena palveluna. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli jokin toimija tarvitsee toimintansa mahdollistamiseksi sähköaseman, voidaan se hankkia ostamalla sähköasemapalvelu, jossa maksetaan fyysisen sähköaseman ja sen laitteiston sijasta esimerkiksi siirretystä sähkötehosta. Tällaisessa skenaariossa sähköasemapalvelun toimittaja vastaa kunnonvalvonnan lisäksi sähköaseman kokonaisvaltaisesta toiminnasta. Tällaisen palvelun mahdollistamiseksi tarvitaan useita erilaisia ohjelmistoja esimerkiksi kytkentätoimenpiteiden tekemiseen, toiminnan seurantaan, toiminnanohjaus sekä dokumenttien arkistointiin. Toiminnan tehostamisen kannalta olisi hyvä, mikäli kaikki nämä ohjelmistot voitaisiin yhdistää kokonaisuudeksi, jonka hallintaan käytettäisiin mahdollisimman vähän erilaisia tietoteknisiä ohjelmistoja ja järjestelmiä. Mikäli kaikki sähköasemapalvelun vaatimat toiminnot saataisiin toteutettua yhdestä tai kahdesta ohjelmasta, lisäisi se merkittävästi työn tehokkuutta sekä palvelun ympärillä tapahtuvan työn selkeyttä. (Ilves, 2020).

9. YHTEENVETO

Tarkasteltaessa sähköasemien kunnossapidon nykyistä toteutusta voidaan huomata, ettei valtaosin käytössä oleva aikaan perustuva TBM-kunnossapito ole toteutuksena tehokkain mahdollinen tapa kunnossapidon toteuttamiselle. TBM-kunnossapidon heikkoutena voidaan nähdä haasteellisuus yleisesti pätevien ohjeiden antamisesta huollon tarpeelle. On olennaista ymmärtää, että eri komponenttien käyttö voi erota merkittävästikin sovelluskohteen mukaan. Lisäksi käytettäessä puhtaasti aikaan perustuvaa kunnossapitomenetelmää, ei koko sähköaseman todellisesta toimintakunnosta saada muodostettua kovinkaan luotettavaa käsitystä.

Hyödyntämällä kuntoon perustuvaa, eli CBM-keskeistä kunnossapitomenetelmää sekä nykyaikaista tietotekniikkaa, on mahdollista toteuttaa sähköaseman tilaa älykkäästi valvova kunnossapitojärjestelmä. Hyödyntämällä älykästä kunnossapitoa, voidaan sähköaseman eri komponenttien kuntoa valvoa reaaliajassa ja muodostaa näin käsitys sähköaseman todellisesta kunnosta ja huollontarpeesta. Tällaisen luotettavuuskeskeisen, eli RCM-kunnossapidon ympärille voidaan kehittää edelleen kokonaisvaltainen sähköaseman kunnossapitopalvelu, joka voi kattaa palvelun asiakkaan tarpeen mukaan olennaiset kunnossapidon ja käytön osa-alueet.

Kunnossapitopalvelun toteuttajan näkökulmasta on erittäin hyödyllistä, mikäli useampien sähköasemien valvominen onnistuu yhdestä järjestelmästä. Kehitettäessä älykästä tietotekniikkaa hyödyntävää kunnossapitojärjestelmää, tulee sen suunnittelussa huomioida myös mahdollisuus liittää useita kunnossapitopalvelun piirissä olevia sähköasemia keskitettyyn järjestelmään. Keskitetyn järjestelmän suunnittelussa on huomioitava myös se, että kuinka erilaiset järjestelmät saadaan liitettyä yhteen laajemmaksi kokonaisuudeksi, mikäli niissä käytetään erilaisia verkostohierarkian toteutuksia. Tietoturva tulee huomioida erilaisten järjestelmäkokonaisuuksien yhdistämisessä. Mikäli tietoturvaa ei saada pidettyä riittävällä tasolla, altistetaan sähköaseman toiminta suurille riskeille, joka voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia sähkön loppukäyttäjille.

Peilattaessa erilaisia kunnossapidon toteutuksia sähköasemien tulevaisuuden näkymiin, on huomattavissa, että tulevaisuudessa sähköasematoteutuksista tulee yhä monimutkaisempia ja siten myös haastavampia hallita ja kunnossapitää. Kunnossapidon haasteet tulevat erityisesti esiin sähköjärjestelmän muutoksen seurauksena. Tulevaisuudessa uusiutuvan energiantuotannon jaksollisuus sekä muutokset energian kulutuksessa aiheuttavat sähköasemien käytössä muutoksen, jota voi olla hyvin haasteellista huomioida perinteisten kunnossapitomenetelmien toteutuksissa. On myös mahdollista, että kunnossapitopalvelun ohella on tulevaisuudessa mahdollista, että esimerkiksi sähköasemia aletaan toteuttamaan palveluna. Erittäin tällaisissa tapauksissa järjestelmien integroiminen yhteen parantaa operatiivisen toiminnan toteuttamista, koska järjestelmäkokonaisuuden hallinta voidaan toteuttaa pienemmillä määrällä erilaisia ohjelmistoja.

Lähdeluettelo

ABB, 2019.” Service Solutions – RelCare™”. [ABB:n sisäinen esitelmä myyntikokouksesta].

Aishwarya Haldikar, Piyush Lalwani, Shweta Pandey, Amruta Chitari, 2017. ” IOT Based Industrial Management”. [Artikkeli], [Viitattu 11.09.2019]. Saatavilla: <https://pdfs.semanticscholar.org/8ba6/5d62c1651be017bf38a51a13f2dc19b8829f.pdf>.

B. Bajic, I. Cosic, M. Lazarevic, N. Sremcevic, A. Rikalovic, 2018. ” Machine Learning Techniques for Smart Manufacturing: Applications and Challenges in Industry 4.0”. [Artikkeli], [Viitattu 11.09.2019]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/328290180_Machine_Learning_Techniques_for_Smart_Manufacturing_Applications_and_Challenges_in_Industry_40.

Fingrid, 2012. ” Verkon kehittämisen ja kunnossapidon tehokkuus”. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.09.2019]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/yhtio/toimikunnat/verkkotoimikunta-29.11.2017-fg-ajankohtaiset-ja-investointien-tehokkuus.pdf>

Jarmo Elovaara, Liisa Haarla, 2011. Sähköverkot II.1. Painos. Helsinki: HELSINKI UNIVERSITY PRESS. 550 s. ISBN: 978-951-672-363-4

Jorma Järviö, 2007. Kunnossapito. 4. Painos. Helsinki: KP-MEDIA OY. 283 s. ISBN-10: 9529945833

Jussi Ahola, 2020 Marketing and Sales Manager, ABB Power Grids Finland Oy. [Haastattelu] 16.01.2020.

K. Karuna Jyothi, Dr. B. Indira Reddy, 2018. ” Study on Virtual Private Network (VPN), VPN’s Protocols And Security”. [Artikkeli], [Viitattu 11.09.2019]. Saatavilla: <http://ijsrseit.com/paper/CSEIT1835225.pdf>.

Marco Brambilla, Eric Umuhoza, Roberto Acerbis, 2017. ” Model-driven development of user interfaces for IoT systems via domain-specific components and patterns”. [Artikkeli], [Viitattu 11.09.2019]. Saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13174-017-0064-1>.

Mikko Piironen, 2015. ” Sähköasemien kunnossapitoprosessin kehittäminen”. [Diplomityö], [Viitattu 25.09.2019]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201505272909>

Niko Räsänen, 2017. ” Teollisen internetin hyödyntäminen sähköjakeluverkkojen ja hajautetun tuotannon käyttö ja kunnossapitopalveluiden tuottamisessa”. [Diplomityö], [Viitattu 4.10.2019]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2017101350095>

Petri Ilves, 2020 LPG Sales Manager, ABB Power Grids Finland Oy. [Haastattelu] 09.01.2020.

Petteri Haveri, 2006. ” Kaupunkisähköaseman elinkaaren hallinta”. [Diplomityö], [Viitattu 09.10.2019]. Saatavilla: <http://urn.fi/urn:nbn:fi:tkk-007221>

Ritva Hirvonen VTT prosessit, 2002. ” Suomen energiavisio 2030 : suomenkielinen tiivistelmä”. [Tutkimusraportti], [Viitattu 17.11.2019]. Saatavilla: https://www.vtt.fi/files/projects/energy_book_series/ev_2030_tiivistelma.pdf

Rober Trapp, 2016. Impacts of Artificial Intelligence. Amsterdam: North Holland Publishing Co. 279 s. ISBN 978-0444875877

Toni Hannula, 2020 Operation Manager, Huippuenergia Oy. [Puhelinhaastattelu] 14.01.2020.