



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Matias Holm

ABB:n Sähkönjakelun Digitaalisten Ratkaisujen Käsikirja

Tekniikka
2023

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Matias Holm
Opinnäytetyön nimi	ABB:n Sähkönjakelun Digitaalisten Ratkaisujen Käsikirja
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	34
Ohjaaja	Jari Koski

Opinnäytetyö on tehty ABB:n sähkönjakelun kunnossapitoyksikölle. Tämän työn tarkoituksena oli luoda digitaalinen käsikirja SWICOM HMI-käyttöliittymän hankintaprosessin helpottamiseen. Lopputuloksen tarkoitus on toimia asentajien, myyjien ja projektipäälliköiden tukena. Käsikirjaa tullaan tulevaisuudessa päivittämään sekä mahdollisesti laajentamaan muihin digitaalisiin ratkaisuihin. Työn lopputulos koostuu suurimmaksi osaksi luottamuksellisesta tiedosta, jonka vuoksi aineistoa on kuvailtu rajoitetusti.

Digitaaliseen käsikirjaan koottu materiaali oli hajallaan yrityksen eri yksiköissä ja vaikeasti hallittavissa. Opinnäytetyön aikaansaaminen vaati useita yhteydenottoja ABB:n sisäisten- ja ulkoisten yksiköiden sekä Keski-Euroopan digitaalisten ratkaisujen valmistajien kanssa.

Kerätty aineisto koostuu mm. markkinointi-, tarjous, suunnittelu- sekä osto- ja käyttöönottomateriaalista. Nykymuodossaan digitaalisen käsikirjan materiaalia on helppo hallita ja hyödyntää.

ABSTRACT

Author	Matias Holm
Title	Manual of Digital Solutions for ABB's Power Distribution
Year	2023
Language	Finnish
Pages	34
Name of Supervisor	Jari Koski

The thesis was made for ABB's power distribution maintenance unit. The purpose of this work was to create a digital manual to facilitate the procurement process for the SWICOM HMI interface. The result is intended to serve as support for installers, salespeople, and project managers. In the future, the manual will be updated and possibly expanded to other digital solutions. The majority of the outcome of the thesis consists of confidential information, which is why the material has been described in a limited manner.

The material compiled in the digital manual was scattered in different units of the company and difficult to manage. Completing the thesis required several contacts with both ABB's internal and external units, as well as with Central European digital solutions manufacturers.

The collected material consists of marketing, offer, design, purchase, and commissioning materials. In its current form, the digital manual's material is easy to manage and utilize.

Keywords	Digitality, condition monitoring, manual, and power distribution
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
	1.1 ABB yritysesittely	7
	1.2 ABB Electrification Service	8
2	TEORIAA.....	9
	2.1 Älykäs sähköverkko	9
	2.2 Palveluiden ja tuotteiden yleinen hankintaprosessi.....	10
3	DIGITAALISET RATKAISUT	12
	3.1 Vian syyt keskijännitekojeistossa.....	12
	3.2 Osittaispurkaus	13
	3.3 PDCOM.....	15
	3.4 Kojeiston kunnonvalvonta	16
	3.5 SWICOM HMI	17
	3.5.1 ABB Ability™ Asset Manager	20
	3.5.2 ABB Ability™ Edge Industrial gateway	22
4	DIGITAALINEN KÄSIKIRJA.....	23
	4.1 Digitaalisen työkalun luominen	23
	4.2 Materiaalin kokoaminen.....	24
	4.3 Markkinointi.....	25
	4.4 Tarjous.....	25
	4.5 Suunnittelu.....	26
	4.5.1 Alkukartoitus	27
	4.5.2 Asennuksen suunnittelu.....	27
	4.5.3 Asennuksessa huomioitavaa	27
	4.6 Osto.....	28

4.7	Asennus ja käyttöönotto.....	29
5	JATKOKEHITYS.....	30
6	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32

KUVALUETTELO

Kuva 1. Hankintaprosessia havainnollistava kuva toimittajan näkökulmasta.....	11
Kuva 2. Osittaispurkauksesta syntynyt eroosiojälki	13
Kuva 3. Eristeen pinnalle syntynyt sähköpuu	14
Kuva 4. Palanut kojeisto.....	15
Kuva 5. PDCOM mittalaite	16
Kuva 6. SWICOM HMI- ja ABB REF 600-sarjan releiden kommunikointiprotokolla	18
Kuva 7. SWICOM HMI:n LED-painike	19
Kuva 8. Esimerkki SWICOM HMI kotisivusta	19
Kuva 9. ABB Ability™ Asset Manager kunnonvalvontajärjestelmän rakenne	20
Kuva 10. ABB Ability™ Asset Manager.....	21
Kuva 11. ABB Ability™ Edge Industrial gateway arkkitehtuuri	22
Kuva 12. SWICOM paikallisvalvontaesimerkki.....	26

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty ABB Electrification Service kunnossapitoyksikölle, joka toimii Suomessa. Opinnäytetyö keskittyi ABB Ability™ Asset Manager pilvipalvelun tarjoamiin sähköjakelun digitaalisiin ratkaisuihin ja niiden käyttöönottoprosessiin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda sähköjakelun digitaalisten ratkaisujen prosessikuvaus toimeksiantajan kunnossapitoyksikölle. Esimerkiksi ohjeet ja kuvaus kattaen sitä hetkeä, kun asiakas osoittaa kiinnostusta toimeksiantajan digitaalisiin ratkaisuihin sekä kunnes ratkaisu otetaan käyttöön loppukäyttäjän luona. Prosessia kuvataan viisivaiheisella kaavalla, joka koostuu markkinoinnista, tarjouksesta, suunnittelusta, ostosta ja käyttöönotosta.

Suurin osa toimeksiantajan sähköjakelun digitaalisista ratkaisuista on jo olemassa eri puolilla organisaatiota, joten toimeksiantaja toivoo, että kaikki tämä tieto tallennettaisiin paikalliseen käyttöön. Tällöin tiedosta hyötyisi koko organisaatio aina myynnistä projektin hoitoon ja asentajille asti.

1.1 ABB yritysesittely

ABB on sähköistämiseen ja automaatioon erikoistunut teknologiayritys, jonka ammattilaishenkilöstöön kuuluu maailmanlaajuisesti noin 105 000 henkilöä. Näistä henkilöistä noin 5 000 työskentelee Suomessa 20:llä eri paikkakunnalla.¹ ABB:n ammattilaiset suunnittelevat ja kehittävät jatkuvasti kattavia määriä erilaisia tuotteita, järjestelmiä ja palveluita, joiden tarkoitus on parantaa energiatehokkuutta,

¹ ABB Oy. ABB Suomessa. Viitattu 31.1.2023 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

luotettavuutta sekä tuottavuutta kaikille teollisuus-, sähkö- ja infrastruktuuritoimijoille.²

ABB:llä on neljä asiakaskeskeistä liiketoiminta-aluetta, jotka ovat Electrification, Process Automation, Motion ja Robotics & Discrete Automation.³ Opinnäytetyö keskittyy ainoastaan ABB:n Electrification liiketoiminta-alueeseen ja vielä tarkemmin Electrification Service-yksikköön, joka toimii Suomessa.

1.2 ABB Electrification Service

Suomen ABB Electrification Service on sähkönjakelun kunnossapitoyksikkö, jolla on tärkeä ja ennakoiva rooli pitää Suomen sähkönjakeluverkkoja jatkuvasti yllä.⁴ Electrification Service tarjoaa elinkaaripalveluita, joilla tarkoitetaan esimerkiksi kunnossapitoa, laiteusintoja, asennusta ja käyttöönottoa, varaosia sekä koulutusta. Elinkaaripalveluiden tarkoitus on lisätä sähkönjakelulaitteiden turvallisuutta ja käytettävyyttä koko niiden elinkaaren ajan. Kaikkia näitä palveluita tarjotaan ABB:n valmistamille pien- ja keskijänniteverkon kojeistoille, erottimille, suojarleille sekä muiden valmistajien pien- ja keskijännitetuotteille.⁵ Tällä hetkellä näitä palveluita tarjotaan koko Suomessa kuudessa eri toimipisteessä, jotka ovat Helsinki, Kuopio, Lappeenranta, Tampere, Tornio ja Vaasa, joka on ainoa paikka, missä on myös tuotevalmistusta.⁶

² ABB Oy. ABB Technology Viitattu 31.1.2023 <https://global.abb/group/en/technology>

³ ABB Oy. ABB Liiketoiminta Suomessa Viitattu 31.1.2023 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>

⁴ ABB Oy. ABB Electrification Service Solutions Viitattu 31.1.2023 <https://new.abb.com/about/our-businesses/electrification/electrification-service-solutions>

⁵ ABB Oy. ABB Palvelut Viitattu 31.1.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/fi/palvelut>

⁶ Kalvosarja: Keski- ja pienjännitetuotteiden elinkaaripalvelut: Käyttöturvallisuutta ja käyttövarmuutta ABB:n tuella Viitattu 1.2.2023, Lähde ei saatavilla

2 TEORIAA

Uudenlaisia digitaalisia ratkaisuja kehitetään jatkuvasti. Digitalisaatio vaikuttaa erityisesti myös energia-alaan, sillä digitalisaation avulla pystytään luomaan uusia monipuolisempia energiapalveluita.⁷ Digitalisaatiossa tietoa kerätään, hallitaan ja hyödynnetään tärkeänä osana monen yrityksen toimintaa. Digitalisaatiota hyödynnetään nykypäivänä erityisesti sähkönjakelussa.⁸

2.1 Älykäs sähköverkko

Tulevaisuudessa perinteinen sähköverkko ei tule kestävänsä entistä monimuotoisempaa kuormitusta ja tuotantoa, joten sen työtä pitää helpottaa rakentamalla älykästä sähköverkostoa. Älykkäällä sähköverkolla tarkoitetaan automaatiota, jolla parannetaan verkkojen luotettavuutta ja kannattavuutta. Jotta sähköverkko kykenee vastaamaan lisääntyvän sähkön kysyntään, sen tulee olla tulevaisuudessa skaalautuva ja ennakoiva.⁹

Pienimuotoisen sähköntuotannon lisääntyessä, pitää sähköverkkoa pystyä hallitsemaan luotettavasti tulevaisuudessa. Uudella jakeluverkkoteknologialla, kuten etävalvonnalla ja nopealla vianpaikannuksella pystytään mm. parantamaan sähkönlaatua, ylläpitoa sekä lyhentämään katkosaikoja. Sen lisäksi älykkäillä sähköverkoilla on mahdollista tasapainottaa tuotantoa, varastoida energiaa ja edistää sähköajoneuvojen yleistä käyttöönottoa.⁹

⁷ Helen Oy, Energia-Alan Digitalisaatio Viitattu 1.2.2023 <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2020/energia-alan-digitalisaatio>

⁸ JSE Oy. Digitalisaation Huikeat Mahdollisuudet Sähkönjakelussa Viitattu 1.2.2023 <https://www.jseoy.fi/ajankohtaista/digitalisaation-huikeat-mahdollisuudet-sahkonjakelussa/>

⁹ ABB Oy. Sähköverkkoyhtiöt Viitattu 2.2.2023 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/sahkoverkkoyhtiöt>

2.2 Palveluiden ja tuotteiden yleinen hankintaprosessi

Hankintaprosessilla tähdätään siihen, että yritykselle valitaan sopiva toimittaja yrityksen tarvitsemien tuotteiden ja palveluiden mukaan. Hankintaprosessiin kuuluvia vaiheita ovat mm. tarpeen kartoitus, tarjousten vertailu ja analysointi sekä neuvottelu.¹⁰

Prosessin vaiheista on mahdollista jättää osa vähemmälle huomiolle tai täysin huomioimatta, riippuen yrityksen tilanteesta ja tarpeista. Perusteellisen hankintaprosessin toteutus saattaa viedä jopa useita kuukausia, joten on kannattavaa varata riittävästi resursseja käytettäväksi.¹⁰

Hankintaprosessin alkutilanteessa on mahdollista, että palveluiden tai tuotteiden toimittajia on valtavasti. Järjestelmällisessä hankintaprosessissa kaikista mahdollisista toimittajista valitaan ne, jotka kykenevät vastaamaan yrityksen tarpeisiin parhaiten. Tämä johtaa toimittajamäärään karsimiseen prosessin aikana, kun yritys saa paremman käsityksen omista tarpeistaan ja toimittajien hinnoista. Kun prosessi tehdään huolellisesti ja kaikki vaiheet dokumentoidaan, pystytään toimittajavalinta perustelemaan ostajayrityksessä.¹⁰ Kuvassa 1. on yleisesti havainnollistettu, miten hankintaprosessi etenee toimittajan näkökulmasta.

¹⁰ Logistiikan Maailma, Hankintaprosessi Viitattu 6.2.2023 <https://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/>



Kuva 1. Hankintaprosessia havainnollistava kuva toimittajan näkökulmasta

3 DIGITAALISET RATKAISUT

Keskijännitekojeistot ovat tärkeä osa sähkönjakelujärjestelmää. Siitä huolimatta näiden kojeistojen huolto jätetään usein huomioimatta suhteellisen alhaisten laitteiden ja pitkän käyttöiän vuoksi.¹¹

Tämän luvun tarkoitus on keskittyä siihen, minkälaisia uusia ABB:n digitaalisia ratkaisuja hyödynnetään ja miksi niitä halutaan hyödyntää. ABB tuottaa useita erilaisia digitaalisia ratkaisuja sähkönjakelun parantamiseen, mutta tämä opinnäytetyö on rajattu neljään eri ratkaisuun, jotka luovat yhdessä luotettavan kunnonvalvontajärjestelmän keskijännitekojeistoille.

3.1 Vian syyt keskijännitekojeistossa

Aluksi on hyvä ymmärtää suurimmat syyt, miksi vikoja syntyy keskijännitekojeistoissa ja miten näitä vikoja pystytään seuraamaan.

Kojeistot ja niihin liittyvät vaarat ovat mm. tulipalot, räjähdykset ja sähköiskut. Teknisellä henkilökunnalla on aina tietty vaaralle altistumisen riski, kun he joutuvat käyttämään, huoltamaan tai testaamaan kyseisiä laitteita.¹² Ulkoisilla olosuhteilla on suuri vaikutus kojeistojen suorituskykyyn. Esimerkiksi sähkövuodot voivat aiheuttaa kojeiston laitteiden kuumenemisen ja pölyn kerääntyminen kojeiston sisällä voi aiheuttaa osittaispurkauksen, joka pystyy vahingoittamaan laitteita merkittävästi.¹¹ Loppujen lopuksi yleisin syy kojeistojen vikatilanteisiin on kojeiston laitteiden riittämätön huolto, joka johtaa mm. eristeiden saastumiseen ja löystyviin kaapeliliitännöihin.¹²

¹¹ ABB:n sisäinen tutkimus ”Benefits of monitoring and diagnostic solutions”, tekijä tuntematon, Viitattu 15.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/condition-monitoring-for-switchgear-SWICOM>

¹² E. Csanyi, ” why electrical equipment fails”, Julkaistu 9.12.2019, Viitattu 16.3.2023 <https://electrical-engineering-portal.com/why-electrical-equipment-fails>

3.2 Osittaispurkaus

Osittaispurkaus on yleinen kojeistossa tapahtuva vikailmiö, joka syntyy sähkökentän voimakkuuden ylittäessä eristeen sähkölaajuuden. Osittaispurkaus ei tarkoita samaa asiaa kuin läpilyönti, koska osittaispurku ei sulje elektrodiväliä. Osittaispurkauksia esiintyy tasa- ja vaihtojännitteellä mm. kiinteissä eristeissä, nesteissä ja kaasuissa. Osittaispurkauksen yhteydessä syntyy kaasuja ja happoja, jotka syövyttävät eristeitä. Vaikka osittaispurkaukset ovat yleensä pieniä, ne voivat silti vaikuttaa eristeiden elinkaareen merkittävästi.¹³ Kuvassa 2. esitelty osittaispurkauksesta syntynyt eroosiojälki.



Kuva 2. Osittaispurkauksesta syntynyt eroosiojälki

Kun eristeet vahingoittuvat osittaispurkauksien vuoksi, eristeiden läpi muodostuu puumuotoinen eroosiojälki, jota pitkin lopullinen läpilyönti voi tapahtua ajan kuluessa. Nämä eroosiojäljet tunnetaan nimellä ”sähköpuu”. Sähköpuu voi kehittyä myös sisäisistä epäpuhtauksista. Kun eristeet kuluvat osittaispurkauksista, ovat

¹³ Elovaara J. & Haarla L. 2011. Sähköverkot II. Otatieto, Viitattu 17.3.2023

uudet purkaukset mahdollisia myös pienellä jännitetasituksella.¹⁴ Kuvassa 3. esimerkki, miltä sähköpuu näyttää.



Kuva 3. Eristeen pinnalle syntynyt sähköpuu

Osittaispurkauksia tapahtuu erilaisissa paikoissa, kuten jännitelaitteiden väliaineissa. Osittaispurkauksen yleisin syy on usein pieni vika, joka aiheuttaa lukuisia pieniä ja toistuvia purkauksia. Osittaispurkausten määrä lisääntyy ja kasvaa ajan mittaan, mikä voi johtaa vahingollisiin lopputuloksiin, kuten laitteiston toimintahäiriöihin sekä vaarallisiin valokaariin. Osittaispurkauksen havaitseminen ja korjaaminen on hyvin tärkeää henkilöturvallisuuden näkökulmasta. Henkilöturvallisuuden vaarantamisen lisäksi osittaispurkaus voi aiheuttaa mm. laitteistojen käytötkatkoksia, tulipaloja ja verkon ylikuormitusta. Ongelmat voidaan välttää, jos osittaispurkaus havaitaan ajoissa ennen kuin huomattavia vahinkoja tapahtuu.¹⁵ Kuten kuvasta 4 näkee, osittaispurkaukset voivat aiheuttaa suuria vahinkoja laitteistolle ja mahdollisesti myös henkilökunnalle.

¹⁴ Aro M. 2003 Suurjännitetekniikka. Otatiето, Viitattu 17.3.2023

¹⁵ ”Osittaispurkauksen tärkeimmät syyt ja tyypit”, Viitattu 17.3.2023 <https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/vuodontunnistus/osittaispurkaus>



Kuva 4. Palanut kojeisto

Tiivistettynä sanoen osittaispurkaukset ovat lyhyitä paikallisia sähköeristyksen rikkoutumisia ja niiden esiintyminen on vahva osoitus eristyksen huonontumisesta. ABB:n valmistama PDCOM pystyy havaitsemaan useat osittaispurkaukset, kuten pinta- ja koronapurkaukset ennen kuin eristyskomponentti heikkenee entisestään sellaisilla osittaispurkauksilla, jotka johtavat eristeiden lopulliseen rikkoutumiseen.

3.3 PDCOM

PDCOM on mittalaite (kuva 5) osana ABB Ability™ keskijännitekojeiston kunnonvalvontajärjestelmää. Mittalaitteen toiminta perustuu kapasitiiviseen kytkeytymiseen, millä pystytään havaitsemaan erilaisia osittaispurkauksia. PDCOMin järjestelmäarkkitehtuuri on hyvin yksinkertainen ja skaalautuva. Tämä tarkoittaa sitä,

että yksi PDCOM-laite kykenee valvomaan samanaikaisesti 10 eri paneelia kojeiston sisällä.¹⁶



Kuva 5. PDCOM mittalaite

3.4 Kojeiston kunnonvalvonta

Kojeistot ja niihin liittyvät ongelmat tulevat aina olemaan keskeinen asia nyt ja tulevaisuudessa. Näitä ongelmia ei pystytä poistamaan täysin, mutta niitä pystytään vähentämään ja ennustamaan.

Tiedot osoittavat, että asentamalla kunnonvalvontajärjestelmän, joka tarjoaa kojeistolle mm. katkaisijadiagnostiikkaa ja lämpötila- sekä osittaispurkausmittausta, tulee vähentämään kojeistossa tapahtuvien vikojen määrää. Esimerkiksi löysät liitokset voidaan löytää lämpötila-antureiden avulla, vialliset liitokset osittaispurkausanturien kautta ja vialliset mekaaniset osat katkaisijoissa avaamis- ja sulkeutumisaajan perusteella. Sen vuoksi riskien määrä on huomattavasti vähentynyt seurannan ja diagnoosin myötä. Vaikka kaikkia kojeistoon liittyviä vikoja ei voida paikantaa antureilla, vähintään puolet mahdollisista vioista voidaan estää.¹¹

Kunnonvalvonnassa kojeistoihin asennettavien antureiden tiedot vastaanotetaan reaaliajassa toisin kuin ennaltaehkäisevässä huollossa, jossa tiedot ovat saatavilla

¹⁶ ABB Oy, PDCOM Partial discharge monitoring, Viitattu 20.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/pdcom>

vain edellisistä huoltokerroista saaduista raporteista. Kunnonvalvonta ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kojeistosta tulisi huoltovapaa. Pikemminkin kunnonvalvonta optimoi koko huoltoprosessin. Ennaltaehkäisevä vuosihuolto perustuu pääosin kojeiston yleiseen silmäilyyn, jolloin kojeisto pystytään pitämään jännitteisenä. Vuosihuollon päätehtäviin kuuluu mm. osittaispurkausmittaus, ulkoinen tarkkailu ja maadoituksen- sekä laitetarrojen tarkastus.¹¹ ABB:n mielestä, jos laitteiden osittaispurkaus- ja lämpötilamittauksia valvottaisiin käyttöliittymän välityksellä, kenenkään ei tarvitsisi mennä esimerkiksi mittaamaan kädessä pidettävällä laitteella lähietäisyydeltä kaapelipääteiden lämpötiloja. Tällöin voitaisiin mahdollisesti välttää kaikki onnettomuudet, pitää kojeisto jännitteisenä ja tehdä asentajien sekä insinöörien työnteosta turvallisempaa.¹⁷

Tiivistettynä kunnonvalvontajärjestelmän asennus kojeistoon on tehokas tapa vähentää toimintakustannuksia. Kunnonvalvontajärjestelmä vähentää kojeistoon tarvittavaa rutiinihuoltoaikaa ja pidentää rutiinihuoltotarpeen aikaväliä sekä optimoi kunnossapitotoimia. Myös käyttökustannusten ja vikojen todennäköisyyksien lasku lisää laitteiden käyttöaikaa.¹¹ Valvonta- ja diagnostiikkaratkaisujen avulla operaattorit voivat tarkkailla omaisuutensa suorituskykyä ja kuntoa.¹⁸ Näitä sähkönjakelun digitaalisia ratkaisuja varten ABB on kehittänyt uuden HMI-käyttöliittymän, jota kutsutaan nimellä ”SWICOM”.

3.5 SWICOM HMI

SWICOM on valvonta- ja diagnostiikkalaitte, joka vastaanottaa valvontatietoja kojeiston eri laitteilta, kuten releiltä ja antureilta. SWICOM käsittelee tiedot analyti-

¹⁷ Kokkonen T. Myyntipäällikkö, ABB Electrification Service, palaveri 24.3.2023

¹⁸ ABB Oy, Monitoring and Diagnostics Solutions, Viitattu 27.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions>

kan avulla laskemalla keskeistä avainsuorituskykyä, jolla kuvataan valvottujen laitteiden elinkaarta ja toimintakykyä. SWICOM valvoo mm. katkaisijoita, kaapelipäätteiden lämpötiloja ja osittaispurkausta. SWICOM on integroitu IEC-61850 kommunikointistandardin (kuva 6) mukaan, joten se voidaan yhdistää olemassa oleviin SCADA-järjestelmiin.¹⁹



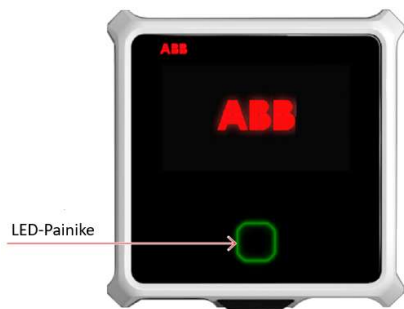
Kuva 6. SWICOM HMI- ja ABB REF 600-sarjan releiden kommunikointiprotokolla

Yksi SWICOM-laite pystyy valvomaan samanaikaisesti 24:ää eri kenttää. Jokainen kenttä edustaa siihen liittyvää paneelia, jota SWICOM valvoo lukuun ottamatta tapauksia, jossa releitä on useita yhtä paneelia kohden. SWICOMissa on LED-painikkeen alareunassa (kuva 7), joka näyttää yleistilan kojeiston valvotusta laitteistosta. Kyseisen LED-painikkeen väri muuttuu kojeiston yleisen tilan mukaan seuraavasti:

- vihreä väri palaa, kun kaikki laitteet ovat normaalissa toimintatilassa
- keltainen väri palaa, kun ainakin yksi laite on varoitustilassa
- punainen väri palaa, kun ainakin yksi laite on kriittisessä tilassa
- valkoinen väri palaa, kun ainakin yksi anturi ei kommunikoi.²⁰

¹⁹ ABB Oy, SWICOM Movie, Viitattu 30.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/condition-monitoring-for-switchgear-SWICOM>

²⁰ ABB Oy, SWICOM Operational Manual, Viitattu 30.3.2023 Lähde ei saatavilla



Kuva 7. SWICOM HMI:n LED-painike

Jos laitteiden käyttöönotto on tehty kunnolla, SWICOMin kotisivulle tulee näkyviin yleiskatsaus valvotusta laitekannasta, kuten kentistä ja ympäristöantureista. Valvottavien laitteiden keskeistä avainsuorituskykyä kuvataan seuraavilla väreillä:

- harmaa väri palaa, kun valvottu laite ei lähetä tietoa
- vihreä väri palaa, kun valvottu laite on normaalissa toimintatilassa
- keltainen väri palaa, kun valvottu laite on varoitustilassa
- punainen väri palaa, kun valvottu laite on kriittisessä tilassa
- musta väri palaa, kun valvottu laite on lukitustilassa.²⁰

Kuvassa 8. on esitelty, miten SWICOMin kotisivulla näytetään laitteiden tilaa eri väreillä.



Kuva 8. Esimerkki SWICOM HMI kotisivusta

Yksistään SWICOM on tarkoitettu kojeiston kunnonvalvontaan. Mikäli SWICOMin tarjoamia valvonta- ja diagnostiikkapalveluita halutaan laajentaa, se tulee yhdistää ABB:n Ability™ Asset Manager pilvipalveluun.

3.5.1 ABB Ability™ Asset Manager

ABB Ability™ Asset Manager on pilviratkaisu pien- ja keskijännitelaitteiston etä- ja paikallisvalvonnan analysointiin, mikä mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon keräämisen sähköjakelujärjestelmistä. Tällä ratkaisulla pystytään optimoimaan kentällä olevat sähköjakelujärjestelmät ja muut palvelut, jotka parantavat suorituskykyä, tehokkuutta sekä turvallisuutta. Asset Manager integroi käyttäjän kenttälaitteiston yhteen digitaaliseen hallintapaneeliin, joka antaa täyden näkyvyyden sähköjärjestelmän käyttäytymisestä.²¹ Kuvassa 9. on esitelty yleisesti, miten ABB Ability™ Asset Manager kunnonvalvontajärjestelmä rakentuu.

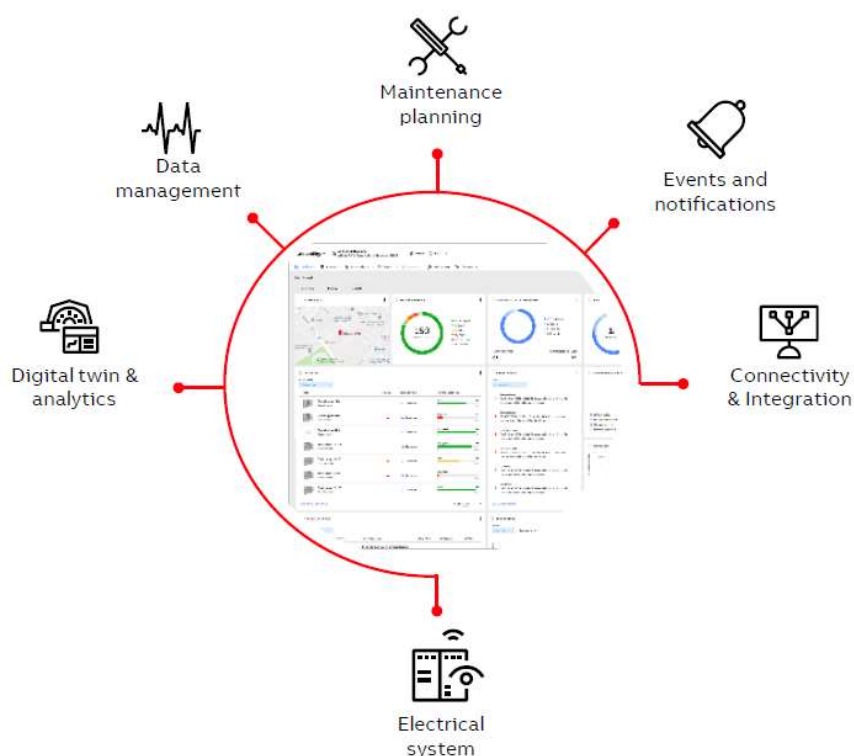


Kuva 9. ABB Ability™ Asset Manager kunnonvalvontajärjestelmän rakenne

Pilviratkaisu havaitsee mahdolliset viat kunnonarvioinnin, suorituskyvyn ja ennakkohälytysten kautta, mikä mahdollistaa ennakoivan huollon. Tällöin suunnitelmattomia häiriötä ja toimintakustannuksia voidaan vähentää.²¹

²¹ ABB Oy, ABB Ability™ Asset Manager for Utilities, Viitattu 30.3.2023 Lähde ei saatavilla

ABB Ability™ Asset Managerin tarjoamissa palveluissa ei ole ainoastaan kyse sähkönjakelujärjestelmän laitteiston kunnonvalvonnasta, vaan kaikesta sen ympärillä tapahtuvasta toiminnasta, jota näytetään kuvassa 10. Pilviratkaisun kautta pääsee käsiksi mm. teknisiin käsikirjoihin ja koko laitekantaan. Asset Managerin käyttäjä kykenee analysoimaan ja ratkaisemaan tapahtumia, ennakkosuunnittelemaan huoltoja ja tuomaan sekä luomaan raportteja. ²²



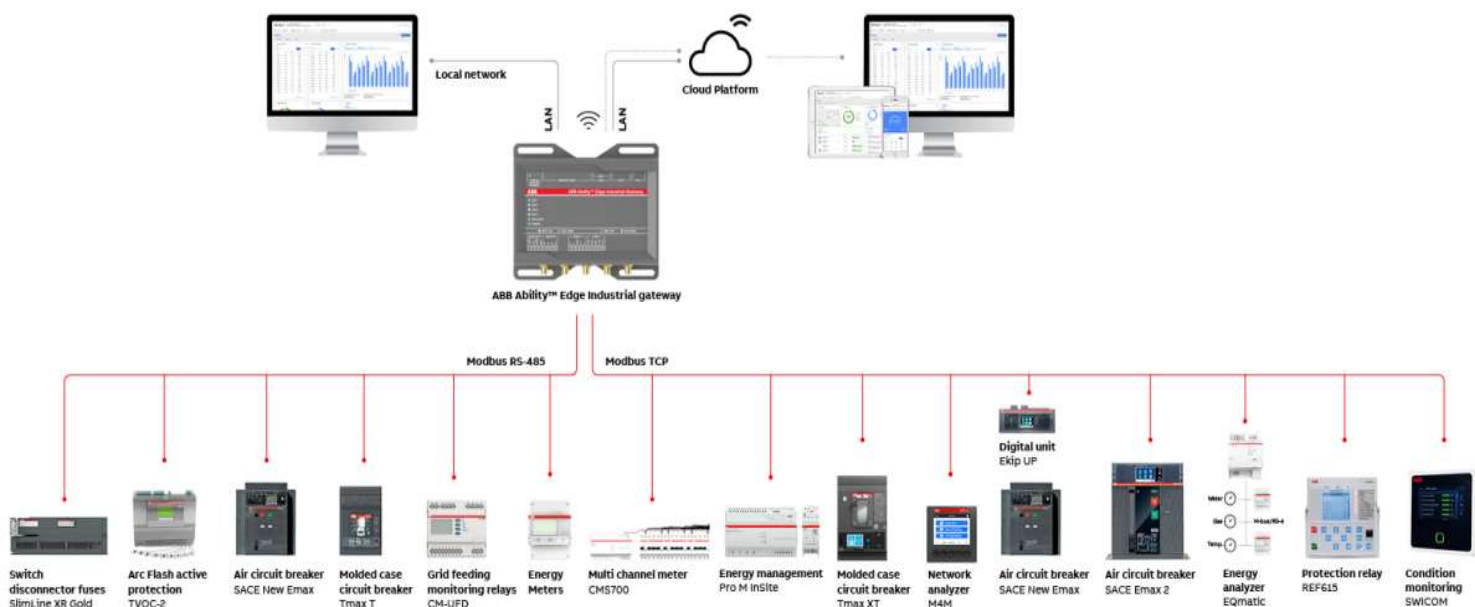
Kuva 10. ABB Ability™ Asset Manager

Mikäli sähkönjakelujärjestelmälaitteiston haltija haluaa yhdistää oman laitekantansa Asset Manager pilviratkaisun tarjoamiin palveluihin, voidaan yhdistäminen toteuttaa esimerkiksi ABB Ability™ Edge Industrial gatewayn kautta.

²² ABB Oy, ABB Ability™ Asset Manager Asset performance management and cloud architecture, Viitattu 31.3.2023 Lähde ei saatavilla

3.5.2 ABB Ability™ Edge Industrial gateway

ABB Ability™ Edge Industrial gateway on työkalu suunniteltu valvontaan ja ohjaukseen, millä yksinkertaistetaan olemassa olevia yhdyskäytäviä. Työkalulla pystytään luomaan virtaviivainen syöte ABB Ability™ hallintapaneeliin keräämällä kenttälaitteiden tietoa. Edge Industrial gateway mahdollistaa kaikkien liitettyjen pien- ja keskijännitelaitteiden valvonnan pilven tai paikallisen järjestelmän avulla. Yhteyden muodostaminen onnistuu mm. LAN-verkon avulla ja optiona saatavana olevan Wi-Fi moduulin tai mobiiliverkon kautta.²³ Kuvassa 11 on esitelty, kuinka monipuolisesta laitevalikoimasta Edge Industrial gateway pystyy siirtämään tietoja pilvipalveluun.



Kuva 11. ABB Ability™ Edge Industrial gateway arkkitehtuuri

²³ ABB Oy, ABB Ability™ Edge Industrial Gateway, Viitattu 1.4.2023 <https://new.abb.com/low-voltage/fi/pienjannitetuotteet/gateway>

4 DIGITAALINEN KÄSIKIRJA

Tässä luvussa käydään läpi, mitä asioita SWICOM HMI-käyttöliittymän käyttöönottoprojektissa otetaan huomioon, miten sen toteutusprosessi etenee vaiheittain ja miten nämä asiat on koottu paikallisen yksikön käytettäväksi digitaaliseen käsikirjaan. Opinnäytetyön lopputulos koostuu laajalti ABB Electrification Service-yksikön luottamuksellisesta materiaalista, jonka vuoksi työn tekemisen ja aineiston kuvaus tässä opinnäytetyössä on rajattua.

4.1 Digitaalisen työkalun luominen

ABB:n SWICOM HMI-käyttöliittymä on melko uusi tuote Suomen markkinoilla, minkä vuoksi kyseistä laitetta on otettu käyttöön Suomessa vasta muutamia kertoja. Vaikka SWICOM on ulkomaisen ABB-yksikön suunnittelema ja valmistama, Suomen Electrification Service on kyseisen tuotteen käyttöönoton edelläkävijä maailmalla.²⁴

Yleisin haaste SWICOMin käyttöönotossa, mikä on tullut vastaan, on tarvittavan tiedon saaminen oikeaan aikaan. Tästä alkoi idea mahdollisesta opinnäytetyöstä, jota aloitettiin viemään eteenpäin ajatuksella: ”miten voisimme helpottaa ja tukea seuraavien SWICOM käyttöönottoprojektien toteuttamista?”.

Kaikki tarvittava tieto SWICOMin käyttöönoton helpottamiseen on olemassa, mutta ongelmana on se, että joitakin asioita ei ole dokumentoitu tai koottu yhtenäiseen paikkaan tuotteen uutuuden vuoksi. Tämän lisäksi materiaali, joka on olemassa, löytyy eri puolilta organisaatiota. Toimeksiantaja pyysi, että kerätylle materiaalille rakennettaisiin pohja, joka tulisi koostumaan kaikista vaiheista SWICO-

²⁴ Salomaa J. Myyntipäällikkö, ABB Electrification Service Palaveri Viitattu 21.3.2023

Min käyttöönottoon liittyen. Lopuksi pohja tallennettaisiin paikalliseen Service-yksikön Sharepoint kansioon, johon kaikilla yksikön työntekijöillä olisi pääsyoikeudet. Mikäli joitakin materiaaleja ei ollut olemassa, ne kompensoitiin jollakin tavalla. Lopputuloksen tarkoitus oli toimia digitaalisena työkaluna, joka tulisi mahdollisesti helpottamaan tulevaisuudessa asentajien, myyjien ja projektipäälliköiden työntekoa.

4.2 Materiaalin kokoaminen

Opinnäytetyön tekemisen ensimmäinen vaihe oli toimeksiantajan kanssa digitaalisen käsikirjan rakenteen suunnittelua, jossa päätettiin kaikki tärkeät asiat, jotka käsikirjan tulisi sisältää. Toimeksiantajan mukaan käsikirjan materiaali tulisi muodostaa siten, että kaikki tiedot olisivat luokiteltu järjestyksessä SWICOMin virallisen hankintaprosessin mukaan, eli asiakkaan kiinnostuksesta käyttöönottoon ja tuotteen luovutukseen asti. Käsikirjan vaiheita muutettiin moneen kertaan alku suunnittelun aikana ja jälkeen. Rakenteesta päätettiin lopuksi, että käsikirjan tulisi ainakin sisältää vaiheittain seuraavat asiat:

- markkinointiin liittyvää materiaalia
- tarjousmateriaali ja siihen liittyvä tarjouslaskentapohja
- suunnitteluun liittyvää materiaalia
- ostoon liittyvää materiaalia
- asennukseen ja käyttöönottoon liittyvää materiaalia.

Kaiken hyödyllisen materiaalin kokoaminen vaati useita yhteydenottoja paikallisen ja ulkopuolisten yksiköiden kanssa. Työn aikaansaamiseksi piti olla yhteydessä mm. myyjiin, asentajiin ja projektipäälliköihin sekä Keski-Euroopan digitaalisten ratkaisujen valmistajiin. Työn edistyessä kyseisiltä tahoilta pyydettiin mm. palautetta sekä kehitys- ja muutosehdotuksia työn laadun varmistamiseksi. Yhteydenottojen lisäksi hyödyllisen materiaalin löytäminen vaati ABB:n sisäisen kirjaston ja ulkomaisten yksiköiden sisäisten materiaalien läpikäynnin.

4.3 Markkinointi

ABB:n tuotteita markkinoidaan monenlaisilla kanavilla, kuten messuilla, nettisivuilla, uutiskirjeillä ja asiakaskäynneillä, jotka ovat hyvin isossa markkinoinnin roolissa. Asiakaskäynneillä mennään paikanpäälle kertomaan yrityksen toiminnasta ja tuotteista sekä esitellään laitteiden toimintaa Demoboxeilla. Näillä keinoilla yritetään saada asiakkaan huomio ja esitellä uusia tuotteita sekä palveluita, joista asiakas voisi mahdollisesti kiinnostua.

SWICOMin hankintaprosessi lähtee ensiksi aina liikkeelle asiakkaan kiinnostuksesta, jolloin asiakas haluaa kuulla lisää tuotteesta. Markkinointivaihe on hyvin yksinkertainen osa SWICOMin hankintaprosessia, mihin toimeksiantaja halusi koota kaiken mahdollisen esittelymateriaalin SWICOMiin ja sen tarjoamiin palveluihin. Kun kaikki esittelymateriaalit on koottu yhteen paikkaan, pystytään ne helposti lähettämään eteenpäin asiakkaalle kiinnostuksen synnyttyä. Tämä helpottaa jatkossa kommunikointia asiakkaan kanssa tuotteista.

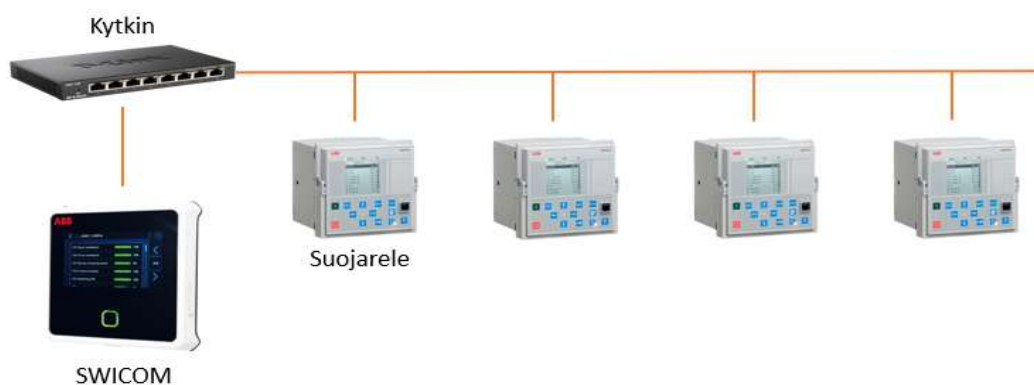
4.4 Tarjous

Hankintaprosessin toinen vaihe on tarjous, jossa riippuen asiakkaan yhteydenotosta selvitetään, mitä asioita tarjoukseen tarvitaan. Tarjousvaihe on hyvin asiakaskohtainen vaihe, jossa yritetään kartoittaa asiakkaan tarpeita. Monesti, varsinkin digitaalisissa asioissa, tarvitaan käynti asiakkaan luona. Kun asiakkaan tarpeet on kartoitettu, asiat etenevät seuraavasti:

- tehdään tarjousehdotus
- neuvotellaan myyjän tarjouksesta
- tarjouksen hyväksyminen/hylkääminen
- asiakkaan tilaus/uudelleenneuvottelu.

Tämä on esimerkki siitä, miten ideaalinen neuvottelu etenee. Kun kyseessä on isot projektit, asioista voidaan mahdollisesti neuvotella moneenkin kertaan.

Toimeksiantajan mielestä tarjousvaihetta pystyttäisiin jatkossa helpottamaan luomalla valmiit esimerkkitarjouspaketit ja niille tarkoitetut tarjouslaskentapohjat. Esimerkiksi asiakkaalle voidaan tarjota valmista tarjouspakettia, johon on olemassa valmis laskentapohja, jota myyjä pystyy hyödyntämään tarjousvaiheessa. Esimerkkitarjouspaketeilla on tarkoitus näyttää minkälaisia mahdollisia kokoonpanoja SWICOMilla pystytään luomaan. Esimerkiksi yksinkertaisesta katkaisijoiden paikallisvalvonnasta monipuoliseen etävalvontaan, joka sisältää kaikki ABB Ability™ Asset Manager pilviratkaisun tarjoamat palvelut. Tällöin myyjä pystyy tietämään tarkalleen, mitä tarjouspaketti sisältää ja kykenee nopeasti vastaamaan asiakkaalle mahdollisesta tarjouksesta. Kuvassa 12. on esimerkki, miltä yksinkertainen SWICOM paikallisvalvontajärjestelmä näyttää.



Kuva 12. SWICOM paikallisvalvontaesimerkki

4.5 Suunnittelu

Kun tarjousvaihe on suoritettu, pystytään seuraavaksi siirtymään suunnitteluvaiheeseen, jossa on tarkoitus ottaa huomioon kaikki mahdolliset asiat SWICOMin käyttöönoton suunnittelua varten. SWICOMin käyttöönotossa on tietynlaisia vaatimuksia, jotka ovat pakko täyttyä laitteen toimivuuden varmistamiseksi. Toimeksiantaja pyysi tiedoston luomisen kaikelle mahdolliselle esisuunnittelumateriaalille, minkä tarkoitus on tarvittaessa auttaa suunnitteluun liittyvissä asioissa tule-

vaisuudessa. Lopullisen tiedoston tarkoituksena ei ole korvata minkään laitevalmistajan omia laitevaatimuksia, vaan toimia muistutuksena tärkeistä asioista sulavan käyttöönoton varmistamiseksi.

4.5.1 Alkukartoitus

SWICOM ja siihen asennettavien laitteiden järjestelmä ei ole mitenkään laaja tai monimutkainen, joten suunnittelussa riittää se, että kartoitetaan hyvin asiakkaan tarve ja noudatetaan laitteiden valmistajien ohjeita. Kun kyseessä on SWICOM, sen yleisin käyttötarkoitus on kunnonvalvonta ja pilvipalvelut mahdollisiin ABB:n tai muiden valmistajien katkaisijoihin sekä REF 600-sarjan suojaroleisiin, jotka ovat pakollisia.

Ensiksi määritellään, mitä asiakas haluaa ja mitä voidaan tarjota. Kun tiedetään asiakkaan tarve, pystytään määrittelemään laitteet sen perusteella. Alkukartoituksen tarkoitus on tuottaa asiakkaalle todellista arvoa laitteillaan, jonka perusteella voidaan tarjota erilaisia palveluita ja voidaan rakentaa kokoonpano asiakkaan toiveista sekä tarkistaa niiden toteuttamismahdollisuus.

4.5.2 Asennuksen suunnittelu

Suunnittelussa lähtökohtana on asiakkaan kojeistotyyppi. Kun mietitään asennusta, myyjän on hyvä varmistaa, että kaikki laitteet pystytään järkevästi asentamaan asiakkaan kojeistoon, jotta toteutusvaiheessa ei tulisi mitään ongelmia. Jos tuotteita aiotaan asentaa muiden valmistajien kojeistoihin, on syytä tutustua tarkemmin kojeistorakenteeseen suunnittelussa.

4.5.3 Asennuksessa huomioitavaa

Yrityksillä on omat manuaalit, missä on esitelty mm. kaikki vaatimukset asennettaviin laitteisiin liittyen ja nämä kaikki tiedot pitää aina ottaa huomioon asennuksessa sekä sen suunnittelussa. Laitteiden määrittely ja asennus ei kuitenkaan niin

syvälistä suunnittelua tarvitse, kunhan otetaan huomioon mitä ja minne ollaan asentamassa.

Kaikki laitteet asennetaan lähestulkoon samalla tavalla, koska laitteiden vaatimukset ovat aina samat. Asennustapa riippuu loppujen lopuksi aina kojeiston rakenteesta. Esimerkiksi, jos ollaan myymässä uutta kojeistoa, kaikki asennukset voidaan tehdä valmiiksi jo tehtaalla, jolloin suunnittelutarve on vähäinen. Kriittisimmät tuotteet asennukseen liittyen ovat lämpötila-anturit ja antennit, sillä ne toimivat langattomasti.

Asennuksessa tulee ottaa myös erityisesti huomioon apujännitteen saatavuus jokaisessa kentässä ja se, miten kaapelointi pystytään toteuttamaan kaikkiin kenttiin. SWICOMin ja muiden laitteiden virtavaatimuksia ei tule laiminlyödä suunnitteluvaiheessa, jotta ei tule esimerkiksi sellaista tilannetta, jossa teholähteen virta riittää vain puolelle laitteista.

4.6 Osto

Kun asiakkaan tarpeet on kartoitettu ja esisuunnittelun perusteella varmistettu SWICOMin tai muiden palveluiden toteuttamismahdollisuus, voidaan siirtyä tuotteiden ostovaiheeseen. Ostovaiheessa on tarkoitus varata tarvittavat resurssit käyttöönottoprojektia varten olemalla suoraan yhteydessä tuotteiden valmistajien ja mahdollisesti ABB:n sisämaankaupan kanssa. Ostovaihe on hyvin yksinkertainen osa SWICOMin hankintaprosessia, jota toimeksiantaja halusi helpottaa selvittämällä kaikki välihenkilöt tuotteiden ja palveluiden saamiseksi. Ongelma tässä vaiheessa on alun perin ollut se, että välillä on ollut vaikeaa saada selville ne henkilöt, joihin on juuri otettava yhteyttä tuotteisiin liittyen. Koska SWICOM on ulkomaisen ABB yksikön valmistama, se pitää tilata ulkomailta. Tällöin ostovaihetta pystytään helpottamaan paljon, kun tiedetään tarkalleen keneen pitää olla yhteydessä. Tärkeät yhteyshenkilöt selvitettiin ja heidän yhteystietonsa kirjattiin ylös digitaaliseen käsikirjaan, jonka kautta myyjät tai projektipäälliköt pystyvät helposti ottamaan yhteyttä tarvittaessa, tilanteesta riippumatta.

4.7 Asennus ja käyttöönotto

Hankintaprosessin viimeinen vaihe on itse projektin toteuttaminen, kun kaikki tarvittavat resurssit on saatu kasaan. Asennus- ja käyttöönottovaiheessa on tarkoitus asentaa kaikki mahdolliset laitteet paikoilleen keskijännitekojeistoon ja ottaa ne lopuksi käyttöön. Jotta tämä prosessi toteutuisi mahdollisimman tehokkaasti, toimeksiantajan mielestä oli hyvä koota yhteen kaikki mahdollinen asennus- ja käyttöönottomateriaali oheisiin latteisiin ja niiden käyttöönottotyökaluihin. Tällöin kaikki tarvittava materiaali laitteiden asennukseen ja käyttöönottoon olisi helposti asentajien hyödynnettävänä. Lopputulos kerätystä materiaalista koostuu mm. laitteiden teknisistä manuaaleista, käyttöönottotyökaluista, esimerkkivideoista, kytkentäkaavioista ja monista muista teknisistä asioista tarkoitettu erityisesti asentajalle.

5 JATKOKEHITYS

Opinnäytetyön lopputulos keskittyy kokonaisuudessaan digitaalisuuden hyödyntämiseen, mikä tarkoittaa sitä, että tehty digitaalinen käsikirja ei tule koskaan valmiiksi. Kyseistä digitaalista käsikirjaa on tulevaisuudessa tarkoitus aktiivisesti päivittää ja laajentaa muihin mahdollisiin digitaalisiin ratkaisuihin. Digitaalinen käsikirja, jota pystytään käyttämään avuksi tulevissa projekteissa, tulee olemaan hyödyllinen työkalu koko henkilökunnalle.

SWICOMiin liittyvät jatkotoimenpiteet asennuksen ja käyttöönoton jälkeen ovat luovutus, koulutus ja kunnossapito sekä jälkihoito, mihin tällä hetkellä ei ole tehty kunnollista dokumentointia. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei kyseistä materiaalia olisi, vaan sitä, että materiaali kyseisiin vaiheisiin on vähäistä. Tämän vuoksi digitaalisen käsikirjan painopiste tulevaisuudessa on materiaalin parantaminen, mikä tarkoittaa sitä, että digitaalisella käsikirjalla on todella suuri kehittymismahdollisuus.

SWICOM ja siihen liittyvät palvelut kehittyvän jatkuvasti, mikä tarkoittaa sitä, että kaikkia SWICOMiin liittyviä asioita tulee samanaikaisesti päivittää. Samalla, kun mitä enemmän keskijännitekojeistojen kunnonvalvontaa lisätään, sitä paremmaksi kojeistojen käyttövarmuus kasvaa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli luoda digitaalinen käsikirja ABB:n paikallisen Electrification Service-yksikön Sharepoint kansioon, joka koostui vaiheittain kaikesta tarvittavasta materiaalista SWICOM HMI-käyttöliittymän hankintaprosessiin. Työn tarkoitus on toimia tulevaisuudessa työkaluna, jota pystytään laajentamaan muihin mahdollisiin sähkönjakelun digitaalisiin ratkaisuihin. SWICOM oli entuudestaan täysin tuntematon laite itselle, joka vaati omaa perehtymistä opinnäytetyön aikana.

Opinnäytetyön tekeminen oli siinä suhteessa hankalaa, että SWICOM on melko uusi laite ja ulkomaisen ABB-yksikön valmistama, jonka vuoksi kaikki hyödyllinen materiaali kyseiseen laitteeseen oli erittäin hajautettuna ympäri organisaatiota. Esimerkiksi oikean asiantuntijan löytäminen ja tiedon saaminen saattoi kestää useita päiviä. Opinnäytetyön tekeminen oli kuitenkin hyvin kiinnostavaa siksi, että hyödyllistä tietoa etsimällä sai henkilöstöltä kuulla puheluiden ja palaverien kautta, miten ABB yrityksenä toimii. Opinnäytetyön jatkokehitystä on mietitty sillä ajatuksella, että saman lopputuloksen pohjalta olisi mahdollista luoda vastaavia digitaalisia käsikirjoja myös muille tuotteille ja ratkaisuille. Tätä voi tulkita siinä mielessä, että toimeksiantajan mielestä työn lopputulosta on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa, joten tavoite onnistuttiin saavuttamaan.

Haluan erityisesti kiittää kaikkia ABB:n työntekijöitä, jotka pystyivät auttamaan opinnäytetyöni edistymisessä. Kaikki tavoittelemani henkilöt pystyivät antamaan minulle hyvin konkreettista palautetta ja opastusta opinnäytetyön aikaansaamiseksi.

LÄHTEET

ABB Oy, SWICOM Movie, Viitattu 30.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/condition-monitoring-for-switchgear-SWICOM>

ABB Oy. ABB Ability™ Asset Manager Asset performance management and cloud architecture, Viitattu 31.3.2023 Lähde ei saatavilla

ABB Oy. ABB Ability™ Asset Manager for Utilities, Viitattu 30.3.2023 Lähde ei saatavilla

ABB Oy. ABB Ability™ Edge Industrial Gateway, Viitattu 1.4.2023 <https://new.abb.com/low-voltage/fi/pienjannitetuotteet/gateway>

ABB Oy. ABB Electrification Service Solutions, Viitattu 31.1.2023

<https://new.abb.com/about/our-businesses/electrification/electrification-service-solutions>

ABB Oy. ABB Liiketoiminta Suomessa Viitattu 31.1.2023

<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>

ABB Oy. ABB Palvelut, Viitattu 31.1.2023

<https://new.abb.com/medium-voltage/fi/palvelut>

ABB Oy. ABB Suomessa, Viitattu 31.1.2023

<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

ABB Oy. ABB Technology, Viitattu 31.1.2023

<https://global.abb/group/en/technology>

ABB Oy. Monitoring and Diagnostics Solutions, Viitattu 27.3.2023

<https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions>

ABB Oy. PDCOM Partial discharge monitoring, Viitattu 20.3.2023

<https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/pdcom>

ABB Oy. Sähköverkkoyhtiöt, Viitattu 2.2.2023

<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/sahkoverkkoyhtiöt>

ABB Oy. SWICOM Operational Manual, Viitattu 30.3.2023 Lähde ei saatavilla

ABB:n sisäinen tutkimus ”Benefits of monitoring and diagnostic solutions”, tekijä tuntematon, Viitattu 15.3.2023 <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/monitoring-and-diagnostics-solutions/condition-monitoring-for-switchgear-SWICOM>

Aro M. 2003 Suurjännitetekniikka. Otatiето, Viitattu 17.3.2023

E. Csanyi, ” why electrical equipment fails”, Julkaistu 9.12.2019, Viitattu 16.3.2023

<https://electrical-engineering-portal.com/why-electrical-equipment-fails>

Elovaara J. & Haarla L. 2011. Sähköverkot II. Otatiето, Viitattu 17.3.2023

Fluke ”Osittaispurkauksen tärkeimmät syyt ja tyypit”, Viitattu 17.3.2023

<https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/vuodontunnistus/osittaispurkaus>

Helen Oy. Energia-Alan Digitalisaatio, Viitattu 1.2.2023

<https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2020/energia-alan-digitalisaatio>

JSE Oy. Digitalisaation Huikeat Mahdollisuudet Sähkönjakelussa, Viitattu 1.2.2023

<https://www.jseoy.fi/ajankohtaista/digitalisaation-huikeat-mahdollisuudet-sahkonjakelussa/>

Kalvosarja, Keski- ja pienjännitetuotteiden elinkaaripalvelut: Käyttöturvallisuutta ja käyttövarmuutta ABB:n tuella, Viitattu 1.2.2023, Lähde ei saatavilla

Kokkonen T. Myyntipäällikkö, ABB Electrification Service, palaveri 24.3.2023

Logistiikan Maailma. Hankintaprosessi, Viitattu 6.2.2023

<https://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/>

Salomaa J. Myyntipäällikkö, ABB Electrification Service Palaveri Viitattu 21.3.2023