



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Mansikkamäki

KOTIMAAN
SÄHKÖASEMAPROJEKTIN
ASENNUSLAADUN PARANTAMINEN

Tekniikan yksikkö
2015

ALKUSANAT

Tämä opinnäyteyö tehtiin ABB:n Power Systems- divisioonan Substations-yksikölle. Työn ohjaajina toimivat Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta Timo Männistö ja ABB:n Substations -yksiköstä Timo Tulisalo. Haluan kiittää ohjaajiani sekä koko primäärisuunnittelu tiimiä joka osoitti joustavuutta ja tukea opinnäytetyön tekemisen kanssa. Erityisesti haluan kiittää Juha-Matti Huhtasta, joka mahdollisti tämän opinnäytetyön tekemisen ja sain tehdä opinnäytetyötä varsinaisen työn ohella.

Vaasassa 9.4.2015
Joni Mansikkamäki

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Mansikkamäki
Opinnäytetyön nimi	Kotimaan sähköasemaprojektien asennuslaadun parantaminen
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	42 + 2 Liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kuinka voitaisiin laatia ohjeistava käsikirja ABB:n Power Systems-divisioonan Substations-yksikön sähköasematyömailla toimiville urakoitsijoille. Käsikirjan laadinnan tarkoituksena on parantaa kotimaan sähköasemaprojektien asennuslaatua selkeyttämällä urakoitsijalle eri työvaiheiden asennustapoja, vähentämällä korjaustarvetta ja asennuksiin liittyviä kysymyksiä sekä yhdenmukaistamalla sähköasemien asennuksia. Yhdenmukaisilla asennusohjeilla sähköasemaprojekteissa päästään taloudellisesti ja laadullisesti parempiin tuloksiin.

Käsikirjan laatiminen jakautui kolmeen osaan. Ensimmäisenä oli käsikirjan rakenteen suunnittelu, seuraavana käsikirjan aineiston kerääminen sekä standardien ja aineiston tutkiminen ja viimeisenä käsikirjan kirjoittaminen.

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti sähköasemista ja sähköasemaurakoinnista. Opinnäytetyössä käydään myös läpi käsikirjan tekemisen eri vaiheita, käsikirjan eri käyttötapoja sekä mitä käsikirjalle tapahtuu tulevaisuudessa. Työssä myös analysoidaan työn onnistumista, haasteita sekä käsikirjan hyötyjä.

Lopputuloksena opinnäytetyön myötä syntyi kattava käsikirja, jossa ohjeistetaan yleisesti erilaisiin sähköasemien asennustöihin aina maadoitusverkon asentamisesta valvomorakennuksen paneelien asentamiseen. Käsikirjan tarkoitus on luoda tehokkuutta sähköasematyömaille sekä yhdenmukaistaa sähköasemien asennuksia.

Sähköasemien asennusohjeet-käsikirja on erillinen dokumenttinsa, joka on tarkoitettu opinnäytetyön teettäjän omaan sisäiseen käyttöön.

ABSTRACT

Author	Joni Mansikkamäki
Title	Improving the Quality of Installations in Substation Projects
Year	2015
Language	Finnish
Pages	42 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

The purpose of this thesis was to examine how to draw up a briefing handbook to contractors who work in substation worksites which have been submitted by ABB's Power Systems-division's Substations-unit. The handbook was made to improve installation quality in homeland substation projects by clarifying installation methods to contractors, reducing the need of improvement and questions and standardizing installation methods in substations. With standardized installation instructions it is able to reach better economic and qualitative results in substation projects.

The making of the handbook was divided into three sections. The first part was to plan the structure of the handbook. The next step was to gather material, inspect standards and the gathered material. Last step was to write the handbook.

Substations and substation contracting are described in this thesis generally. Different work phases, different methods of using handbook and prospects for the handbook are also discussed. The success and challenges of thesis and benefits of the handbook are also analysed.

The result of this thesis is the handbook, which give general installation instructions to different installation works in substations. The purpose of handbook is to create efficiency to substation working sites and standardize installations in substations. The main purpose of the handbook is to familiarize and give information to contractors who work in substation working sites. The information found in the handbook can also be used in engineering work of substations.

The handbook of installation instructions for substations is independent document, which is intended for work commissioner's internal use.

Keywords Handbook, installations, contracting, substation, project

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	YRITYSESITTELY	6
	2.1 ABB Oy	6
	2.2 ABB Oy, Power Systems	6
	2.3 Substations-yksikkö	7
3	SÄHKÖVERKKO JA SÄHKÖASEMAT	8
	3.1 Sähköverkko	8
	3.1.1 Sähkönsiirtoverkko eli kantaverkko	8
	3.1.2 Sähkönjakeluverkot	9
	3.2 Sähköasema	10
	3.3 Sähköasemaurakointi	13
4	ESISELVITYKSET	15
	4.1 Lainsäädäntö, määräykset ja ohjeet	15
	4.1.1 SFS 6001	16
	4.1.2 SFS 6002	20
	4.2 Substations-yksikön sisäinen tieto	21
5	OHJEISTUKSEN NYKYTILA	23
	5.1 Tämän hetkiset asennusohjeet	23
	5.2 Ongelmat tämänhetkisissä asennusohjeissa	23
	5.2.1 Substations-yksikön nykyinen ”Hyvät asennustavat”-asennusohje 23	
	5.2.2 Fingridin asennusohje	23
	5.3 Uusi sähköasemaurakoinnin käsikirja	24
6	SÄHKÖASEMAURAKOINNIN KÄSIKIRJA	25
	6.1 Asennusohjeiden rakenne	25
	6.2 Käsikirjan sisältö	26

6.2.1	Maadoitukset	26
6.2.2	Kaapelireitit.....	29
6.2.3	Yleiset asennusohjeet komponenteittain	31
6.2.4	Suurjänniteliittimien asennus	34
6.2.5	Sisäasennukset	35
6.2.6	Kiinnitykset ja liitokset	36
6.2.7	Muita huomioitavia asioita.....	37
6.3	Käsikirjan käyttö	38
7	YHTEENVETO	40
7.1	Lopputulokset – käsikirja.....	40
7.2	Käsikirjan tulevaisuus	40
7.3	Ongelmakohdat	41
7.4	Opinnäytetyöstä saadut henkilökohtaiset opit	41
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	

KÄSITELUETTELO

Cadweld erityisesti maadoituksissa käytettävä molekyyliliitos

Cenelec eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö

Fingrid Oyj Suomen kantaverkon omistava yhtiö

IEC kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio

Korona johtimien ionisoitumisesta johtuva sirisevä ääni ja pahimmillaan paukkuminen

kV Kilovoltti (1000V)

MEHO ABB substations-yksikön omavalmisteinen moduulirakenteinen valvomorakennus

Paneelit valvomorakennuksessa olevat kojeistojen ohjaustaulut

SELV-Piiri Maadoittamaton järjestelmä

SFS-standardit Suomen standardisoimisliiton luomia määräyksiä ja suosituksia

Substations-yksikkö ABB:n Power Systems-divisioonan sähköasemia toimittava yksikkö

V voltti, jännitteen yksikkö

VDC tasasähkövoltti, tarkoittaa jännitettä jonka potentiaali on ajasta riippumatta sama

LIITELUETTELO

LIITE 1. Esimerkkisivu käsikirjasta

LIITE 2. Esimerkki asennuspiirustuksesta

1 JOHDANTO

Tällä hetkellä ABB:n Power Systems-divisioonan Substations-yksiköllä on useita erilaisia sähköaseman asennuksiin liittyviä ohjeita. Ohjeita on kuitenkin useassa eri lähteessä ja osa on päivitetty vuosia sitten. Yksittäistä kattavaa dokumenttia ei ole, eikä kaikkia aiempia ohjeita toimiteta sähköasematyömailla oleville asentajille.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuinka voitaisiin luoda ABB:n sisäiseen käyttöön tarkoitetut asennusohjeet ABB:n sähköasematyömailla toimiville urakoitsijoille. Aiemmat asennusohjeet olivat vanhoja ja osittain puutteellisia joten asennusohjeiden päivittäminen uudeksi ja yhtenäiseksi dokumentaatioksi on vähintäänkin ajankohtaista. Ohjeiden avulla sähköasematyömaille saadaan tehokkuutta ja samalla sähköasemien asennuksista tulee siistejä ja toimivia. Lisäksi hyvällä ohjeistuksella pystytään välttämään mahdollisia vaaratilanteita ja vahinkoja.

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti sähköasemista sekä sähköasemiin liittyvistä asennuksista ja määräyksistä. Opinnäytetyössä kerrotaan käsikirjan tekemisestä ja käsikirjan muodostumisesta lopulliseen muotoonsa työn edetessä. Työssä myös kerrotaan tiivistetysti käsikirjan sisältämistä asennusohjeista, standardien vaatimuksista sähköaseman asennuksiin sekä valotetaan käsikirjan käyttöä sähköasematyömailla. Työn lopussa on yhteenveto, jossa mietitään opinnäytetyön myötä syntyneen käsikirjan onnistumista sekä hyötyjä ja haasteita joita työn tekemisen aikana esiintyi. Lopussa mietitään myös opinnäytetyöstä saatuja henkilökohtaisia oppeja sekä tulevaisuuden suunnitelmia käsikirjan varalle.

Syntynyt sähköasemaurakoinnin käsikirja on erillinen dokumentti. Käsikirjan pää tarkoitus on perehdyttää sähköasemalla työskenteleviä urakoitsijoita sekä antaa tietoja erilaisista sähköasemien asennuksista ja asennustavoista sähköasematyömailla toimiville urakoitsijoille. Käsikirjan tietoja pystytään myös hyödyntämään sähköasemien suunnittelussa.

2 YRITYSESITTELY

2.1 ABB Oy

ABB Oy on ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni, joka perustettiin vuonna 1988, kun ruotsalainen ASEA sekä sveitsiläinen BBC Brown Boveri yhdistyivät. Nykyään ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologia yhtymä, joka työllistää yhteensä n. 140 000 henkilöä yli 100 maassa ja kaikilla mantereilla.

ABB on kehittänyt ja kaupallistanut monia toimivia tekniikoita, aina laivojen sähköistysratkaisuista korkeajännitteisen tasavirran siirtoratkaisuihin.

Suomessa ABB:n sähkötekniikan osaaminen ulottuu aina 1900-luvun alkuun, kun Strömberg Oy perustettiin. Suomessa ABB Oy työllistää yhteensä n. 5200 henkilöä noin 21 paikkakunnalla, joista ABB:n tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa

ABB on yksi Suomen suurimmista teollisista työnantajista ja pääkaupunkiseudulla se on suurin. /2/

2.2 ABB Oy, Power Systems

Suomessa ABB Oy:n liiketoiminta jakautuu viiteen eri divisioonaan, joista Power Systems eli sähkövoimajärjestelmät on yksi. Power Systems-divisioona voidaan jakaa edelleen kolmeen yksikköön: Power Generation, Substations, ja Network Management. Näistä kolmesta yksiköstä Power Generation-yksikkö tarjoaa mm. sähkö-, automaatio- sekä instrumentointi palveluita voimalaitoksiin ”avaimet käteen”-periaatteella, Network Management keskittyy verkonhallintajärjestelmiin jotka valvovat ja ohjaavat siirto- ja jakeluverkkoja ja Substations-yksikkö toimittaa sähköasemakokonaisuuksia ja osatoimituksia ympäri maailman. /2/

2.3 Substations-yksikkö

ABB on johtava ilma- ja kaasueristeisten sähköasemien toimittaja aina 1100kV:n jännitteeseen saakka. ABB toimittaa sähköasemien osatoimituksia sekä kokonaisia sähköasemia ”avaimet käteen”-periaatteella kaikkialle maailmaan. ABB:n toimittamia sähköasemia onkin käytössä ympäri maailman, vuoristoissa, aavikoilla ja jopa merellä sijaitsevilla lautoilla.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vaasassa toimivalle Substations-yksikölle, joka työllistää noin 90 projektiosaamisen ammattilaista Suomessa. Vaasan Substations-yksikön toimittamia sähköasemia löytyy kaikkialta ympäri Suomea. Yksikön osaaminen ulottuu aina perinteisistä tuulipuistojen kytkinlaitoksista aina maanalaisiin sähköasemiin asti. Yksikkö on myös ollut mukana edistämässä Afrikan sähköistämistä ja onkin viimeisen 20 vuoden aikana toimittanut Afrikkaan yli sata sähköasemaa. /1/

3 SÄHKÖVERKKO JA SÄHKÖASEMAT

3.1 Sähköverkko

Suomen sähköverkko muodostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, alueverkoista, jakeluverkoista sekä sähkökuluttajista. Sähköverkon tehtävänä on siirtää voimalaitoksissa tuotettu sähkö sähkökäyttäjille. Sähköverkko jaetaan Suomessa käytetyn jännitetason mukaan sähkönsiirto- sekä sähkönjakeluverkkoihin, joista sähkösiirtoverkot muodostavat valtakunnallisen kantaverkon.

3.1.1 Sähkönsiirtoverkko eli kantaverkko

Kantaverkkoa voidaan pitää koko Suomen sähköverkon ytimenä. Se on koko maan kattava suurjännitteinen runkoverkko, jonka tehtävänä on jakaa sähköä maan kaikkiin osiin.

Kantaverkkoa käytetään suurilla tehoilla ja pitkillä siirtoetäisyyksillä, ja sen jännitetasot ovat 110 kV, 220 kV ja 400 kV. Kantaverkon pituus on n. 14600 km, josta 4500 km on 400 kV voimajohtoja, 2300 km on 220 kV johtoja ja 7300 km on 110 kV voimajohtoja. Valtaosa kantaverkosta on rakennettu ilmajohtoilla, koska rakentaminen maakaapeleilla on kallista.

Suomi tarvitsee edelleen merkittävän paljon tuontisähköä jonka vuoksi kantaverkosta on yhteydet Ruotsin, Norjan, Viron ja Venäjän sähköverkkoihin. Osa näistä yhteyksistä on toteutettu käyttäen suurjännitetasasähkö-järjestelmää.

Suomen kantaverkon omistaa Fingrid Oyj. Fingrid Oyj vastaa kantaverkon valvonnasta, käytönsuunnittelusta, tasepalvelusta, ylläpidosta, rakentamisesta ja kehittämisestä. Kantaverkon valvonta on tärkeää, sillä sähköä pitää kuluttaa saman verran kuin sitä tuotetaan. /6/



Kuva 1. Suomen kantaverkko /25/

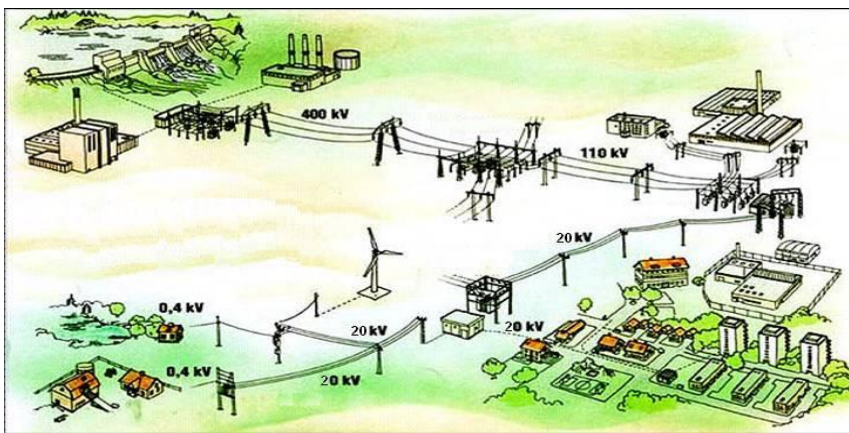
3.1.2 Sähkönjakeluverkot

Kantaverkkoon kuulumattomat 110 kV johdot sekä sähköasemat muodostavat eri sähköyhtiöiden omistaman alueverkon, jota voidaan kutsua myös suurjännitteiseksi jakeluverkoksi. Sähkö siirretään kantaverkosta alueverkkoon. Ero suurjännitteisen jakeluverkon sekä varsinaisen jakeluverkon välillä perustuu jännitetasoon.

Alueverkko yhdistetään varsinaiseen sähkönjakeluverkkoon, joka voidaan jakaa keskijänniteverkoksi sekä pienjänniteverkoksi. Keskijänniteverkko muodostuu tyypillisesti 20 kV verkosta mutta myös harvinaisemmat 30 kV sekä 45 kV verkot kuuluvat keskijänniteverkkoon. Keskijänniteverkossa sähkö siirretään lähemmäs loppukäyttäjiä, jossa se muunnetaan yleensä jakelumuuntamon avulla pienjännitteiseksi, jonka jännitetaso on tyypillisesti 230/400 V mutta myös 1 kV jakelujän-

nite on yleistynyt. Sähkönjakelu pienjänniteverkolla toteutetaan lähellä kulutus-
pistettä.

Sähkönjakeluverkkoa käytetään sähkönjakeluun pienille sekä keskisuurille käyttä-
jille. Yleensä kodit saavat sähkönsä pienjännitesähköverkosta. Teollisuus, kaupat,
maatalous sekä palvelut liitetään tapauskohtaisesti joko jakeluverkkoon, alueverk-
koon tai jopa suoraan kantaverkkoon. /7, 25/



Kuva 2. Suomen sähköverkon rakenne kuvattuna tyypistetyksi /3/

3.2 Sähköasema

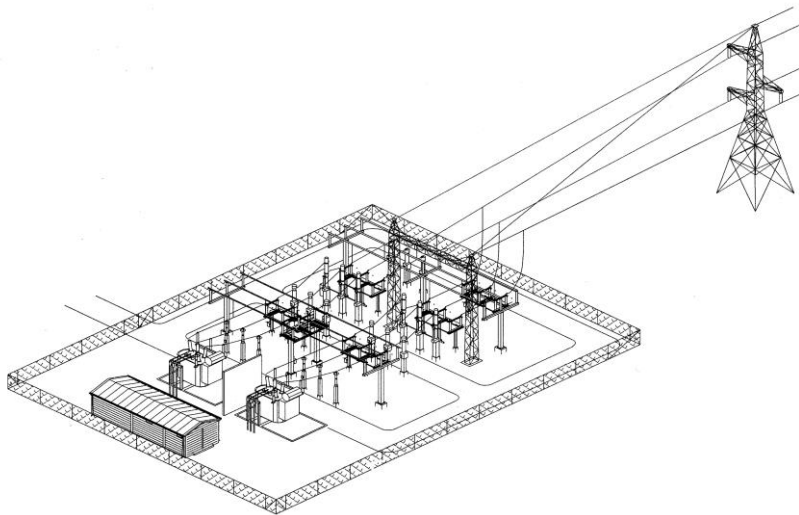
Sähköasemat ovat sähkönsiirto- ja sähkönjakeluverkon yhtymäkohtia, joissa sähköenergiaa voidaan muuntaa, jakaa ja keskittää. Sähköasemia voidaan kutsua käyttötavan mukaan kytkinlaitoksiksi tai muuntoasemiksi, joista kytkinlaitos yhdistää saman jännitetason johtoja ja muunto-asemat yhdistävät useamman jännitetason johtoja. Muuntoasemalla on yksi tai useampi muuntaja. /5/ /26/

Suomen sähkönsiirtoverkon sähköasemat voidaan jakaa seuraaviin luokkiin:

- keskusasemat eli 400 kV/110 kV muuntoasemat
- solmupisteasemat, kuten kaupunkien ja teollisuudet suuret muuntoasemat
- syöttöasemat, jotka pieninä muuntoasemina syöttävät keskijänniteverkkoa

Sähköasemat voidaan lisäksi jakaa ulko- ja sisäkytkinlaitoksiin. Ulkokytkinlaitoksissa sähköasemakomponentit asennetaan pääosin ulkotiloihin, kun taas sisäkytkinlaitoksissa komponentit on asennettu sisälle. Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääasiassa ulkokytkinlaitoksiin.

Sähköasemat jaetaan eristysmateriaalin mukaan joko ilmaeristeisiin AIS-laitoksiin tai SF6-kaasueristeisiin GIS-laitoksiin. Suomessa sähköasemat rakennetaan pääasiassa ilmaeristeisiksi mutta nykyään myös GIS-laitokset ovat yleistymässä.

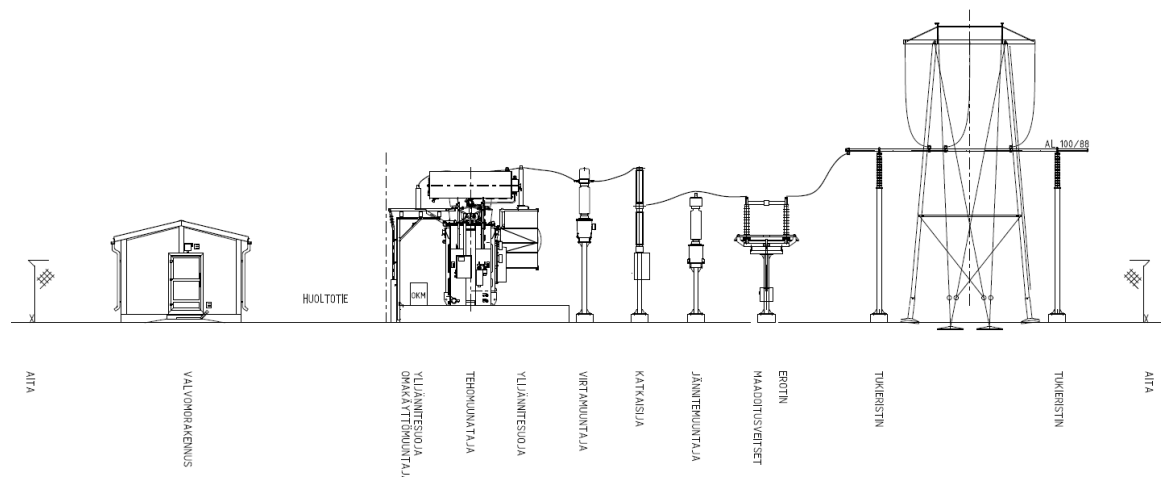


Kuva 3. Kahden muuntajan ulkokytkinlaitos /3/

Sähköasemien tavallinen kokoonpano

Tavallisimmin sähköasema voidaan jakaa karkeasti neljään osaan: muuntaja, kytkinkenttä, valvomorakennus sekä voimalinja. Kytinkenttä muodostuu useasta suurjännitekomponentista, jolla jokaisella on oma tärkeä tehtävä verkon toiminnan kannalta. Alla on listattuna tavallisimmat sähköaseman komponentit sekä niiden tehtävät:

- Tehomuuntaja. Tehomuuntajan tehtävänä on muuntaa jännite halutun suuruiseksi.
- Erotin. Erotin on mekaanisesti toimiva kytkinlaite, jolla pystytään tarvittaessa aikaansaamaan luotettava erotusväli sekä johtamaan kuormitus ja oikosulkuvirta. Erottimelta ei vaadita katkaisu- tai kytkentäkykyä.
- Katkaisija. Kykenee sulkemaan ja katkaisemaan kuormitus, oikosulku- sekä maasulkuvirran sijoituspaikallaan. Sähköturvallisuusmääräysten mukaan katkaisija ei riitä korvaamaan erotinta.
- Virtamuuntaja. Sähköaseman mittamuuntaja, joka muuntaa piirin virran sopivaksi releille ja mittareille. Eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan.
- Jännitemuuntaja. Sähköaseman mittamuuntaja, joka muuntaa sähköverkon jännitteen sopivaksi mittalaitteille.
- Eristin. Nimensä mukaan eristin eristää sähkön johtumista. Eristimiä käytetään sähköasemalla esim. erilaisina tukina suojaamaan komponentteja mm. mekaanisilta rasituksilta.
- Kompensointilaitteisto. Sähköverkossa esiintyy joidenkin laitteiden toimesta loistehoa. Loistehoa pystytään kompensoimaan käyttämällä tahtikonetta, kondensaattoreita tai vastaavasti indusoimaan käyttämällä reaktoreita.
- Maasulun sammutuslaitteisto. Yleensä kompensointimuuntaja, jonka avulla vähennetään maasulkuvirtaa sekä hallitaan vauriokohdan kosketusjännitetasoja.
- Valvomorakennus eli kytkinasemarakennus pitää sisällään keskijännitekojeiston sekä ohjaus-, suojaus- ja valvontalaitteet. /3, 26/



Kuva 4. Sähköaseman esimerkki leikkauskuva

3.3 Sähköasema-urakointi

Urakka on sopimus, jossa toinen osapuoli, urakoitsija, sitoutuu vastiketta vastaan rakentamaan toiselle osapuolelle, tilaajalle. /27/

ABB:n sähköasemahankkeet voidaan jakaa kolmen osapuolen kaupaksi.

- Rakennuttaja
- Pääurakoitsija
- Aliurakoitsijat

Rakennuttaja on se varsinainen tilaaja, joka määrittelee vaatimukset haluamalleen sähköasemalle, jonka jälkeen järjestää tarjouskilpailun sähköasemien toimittajille.

Pääurakoitsija on, tässä tapauksessa ABB, joka toimittaa sähköasemia avaimet käteen -periaatteella. ABB hoitaa sähköaseman suunnittelutyöt tarjouspyynnön ja hankekuvauksen pohjalta, huomioon ottaen sähkölain ja standardien asettamat vaatimukset. Pääurakoitsijalta saamalla tiedoilla pystyy aliurakoitsijat hoitamaan heille annetut työt oikein.

Aliurakoitsijan tehtävä sähköasematyömaalla on useimmiten toteuttaa maanrakennustyöt, kaapeloinnit, sähköistyksen sekä kaikki muut asennustyöt ABB:ltä saamiensa suunnitelmien ja ohjeiden mukaan. Sähköasematyömaalla työskenteleviä aliurakoitsijoita voi olla yksi tai useampi, riippuen sähköaseman koosta.

4 ESISELVITYKSET

Jotta käsikirja pystytään tekemään, tarvitaan runsaasti materiaalia ja tietoa joihin käsikirjan asiasisältö pohjautuu. Lisäksi sähköalalla on tiukat säädökset joiden mukaan sähköasemalla tapahtuvat asennukset tulee tehdä.

4.1 Lainsäädäntö, määräykset ja ohjeet

Suomessa halutaan panostaa laatuun kaikessa sähköalaan liittyvässä tekemisessä. Tämän vuoksi sähköalalle on luotu tiukat standardit, jotka ovat muodostuneet Suomen sähkölain sekä sähköturvallisuusmääräysten pohjalta. Standardien avulla pystytään lisäämään turvallisuutta ja järkeistämään toimintaa, joka tapahtuu sähköalalla. Suomessa noudatetaan Suomen omia SFS-standardeja, joiden taustalla ovat kansainväliset IEC- sekä eurooppalaiset CENELEC- standardit joten SFS-standardit soveltuvat myös vientitoimituksiin. Kaikkien sähköasemalla tehtävien asennuksien on oltava standardien mukaisia. Suomessa sähkötöiden tekemistä valvoo TUKES (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto).

Suomessa sähköasemarakentamisessa noudatetaan seuraavia säädöksiä sekä standardeja:

- Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410. Sähköturvallisuuslaki määrittelee mm. laitteiston käyttöönottovaatimukset.
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516 & 517, määrittelee mm. sähkötöidenjohtajamääräykset sekä kaikki sähkötöitä koskevat ilmoitukset.
- SFS 50341-1 – Ilmajohdostandardi, sisältää perusvaatimukset kaikille ilmajohdoille. Standardi kattaa myös johdon osat, kuten perustukset ja pylväät.
- SFS 6000 – Pienjännitesähköasennukset (2012). SFS 6000-standardeja sovelletaan sähköasemalla kaikissa pienjänniteasennuksissa, joita ovat mm. valvomorakennuksien omakäyttösähkö.

- SFS 6001 + A1 + A2 – Suurjännitesähköasennukset (2009). SFS 6001 standardia sovelletaan sähköasemien asennuksissa ja kaikissa yli 1 kV sähköasennuksissa.
- SFS 6002 – Sähköturvallisuus (2005). SFS 6002 on sähköturvallisuus standardi, joka antaa perusteet turvalliselle työskentelylle. Standardia noudatetaan kaikissa sähköasennuksissa.

4.1.1 SFS 6001

SFS-6001 on sähköasemaurakoinnissa tärkein standardi. Se pohjautuu eurooppalaiseen CENELEC HD 637:1999 standardiin. SFS-6001 standardi koskee kaikkia yli 1 kV vaihtosähköllä toimivia asennuksia. Standardi koskee sähköasemien suunnittelua ja rakentamista sekä sähköasemilla tehtäviä muutos-, korjaus- ja laajennustöitä. Standardia noudattamalla varmistetaan, että asennukset toimivat turvallisesti ja asianmukaisesti. /9/

Perusvaatimukset

SFS 6001-standardin kappaleessa 3 on määritelty sähköasemia koskevat perusvaatimukset. Perusvaatimuksena on, että laitteiden ja asennuksien täytyy kestää ennakoitavissa olevat sähköiset, mekaaniset, ilmastolliset sekä ympäristö vaikutukset.

Sähköiset perusvaatimukset edellyttävät, että sähköaseman asennuksien sekä laitteiden on kestettävä asemalla suunniteltu mitoitusjännite. Lisäksi laitteiden on kestettävä mahdolliset ylijännitteet, jotka aiheutuvat esim. ukkosella. Asennuksien on myös kestettävä suunniteltu mitoitusvirta sekä mahdolliset oikosulkuvirrat. Asennukset täytyy tehdä niin, ettei synny koronaa.

Mekaaniset perusvaatimuksien mukaan sähköaseman asennuksien on kestettävä ennakoitavissa olevat mekaaniset rasitukset eli asennuksien on kestettävä oman painon sekä mahdollisten vetokuormitusten lisäksi ilmastolliset kuormitukset.

Ilmastollisia kuormituksia ovat esim. tuulen tai jään aiheuttamat kuormitukset. Lisäksi asennukset tulee kiinnittää tukevasti sillä suurilla jännitteillä oikosulku- sekä kytkentävoimat aiheuttavat voimakkaita mekaanisia kuormituksia asennuksiin.

Ilmastolliset ja ympäristöllisillä vaikutuksilla tarkoitetaan, että asennuksien on kestettävä ennakoitavissa olevia maksimi sekä minimi lämpötiloja. Esimerkiksi ulkoasennuksien on kestettävä sadetta sekä likaantumista ja sisäasennuksien on kestettävä mahdollista kosteuden tiivistymistä. Asennuksien on kestettävä myös auringon säteilyä. /11/

Laitteiden vaatimukset

SFS 6001-standardin kappaleessa 5, on kaikille laitteille asetettu yhteiset vaatimukset, joiden mukaan kaikkien laitteiden on toimittava niiden edellyttämällä tavalla normaaleissa käyttöolosuhteissa. Laitteiston on myös täytettävä sähköasemia koskevat perusvaatimukset. Lisäksi laitteet on maadoitettava standardin kohdan 9.3.4 edellyttämällä tavalla. Standardin kappaleessa 5 on myös määritelty erikoisvaatimukset laitteille, kuten muuntajille, reaktoreille, katkaisijoille, erottimille, mittamuuntajille sekä ylijännitesuojille. Tällaisia erikoisvaatimuksia on mm. ylijännitesuojien sijoittelu ja erottimen tahattoman käytön estäminen. Laitekohtaiset erikoisvaatimukset tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa eikä urakoitsija pysty vaikuttamaan niihin asennuksilla. /12/

Maadoitusvaatimukset

Maadoitukset ja potentiaalintasaukset ovat sähköturvallisuuden kannalta tärkeä osa sähkölaitteistoa. Niiden tarkoitus on rajoittaa vikatapauksissa esiintyviä kosketus- ja askeljännitteitä. Maadoituksen tarkoitus on myös estää vaarallisten jännitteiden siirtymistä järjestelmästä toiseen sekä estää vaarallisten vuotovirtojen, valokaarien sekä kipinöiden syntyminen. Oikein tehty maadoitus luo toimintaedellytykset maasulku- sekä vikasuojaukselle. /4/

SFS 6001-standardin kohdassa 9.2 on maadoitusjärjestelmien rakenteelle asetettu neljä perusvaatimusta:

1. Maadoitukset on asennettava niin, että niillä on riittävä mekaaninen kesto. Asennuksilla täytyy olla myös riittävä korroosionkestävyys.
2. Maadoitusten on kestettävä laskennallinen terminen vikavirta.
3. Maadoitusten on estettävä omaisuuden sekä laitteiden vaurioituminen
4. Maadoitusten on varmistettava asemalla työskentelevien henkilöiden turvallisuus, myös suurimman maasulkuvirranaikana esiintyvien jännitteiden aikana. /10/

Kaikki sähköasemien jännitteelle alttiit osat ovat maadoitettava sekä erikoistapauksissa on tehtävä eristettyjä vyöhykkeitä. Lisäksi sähköasemalla olevat aidat, aidan portit ja muut metalliset rakenteet on maadoitettava. Maadoitusvaatimukset koskevat myös yksittäisiä komponentteja, esimerkkinä sähköasemalla olevat metalliputket on kytkettävä sähköaseman maadoitusjärjestelmään ja mittamuuntajien toisiopiirit on maadoitettava mahdollisimman lähellä mittamuuntajien toisioliittimiä /21/

Jännitteisten osien vähimmäisetäisyydet

SFS 6001-standardin kohdassa 4.3 on sähköasemille asetettu tiukat vaatimukset koskien suurjännitteisiä osia. Vaatimusten tarkoitus on estää suurilla jännitteillä tapahtuvia läpilyöntejä sekä turvata sähköasemalla tapahtuvaa työskentelyä. Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa (Taulukko 1.) on esitetty tavallisimmilla sähköasemilla noudatettavia jännite-ettäisyyksiä. /13/

Taulukko 1. Sähköasemilla noudatettavia etäisyyksiä /13/

Järjestelmän nimellijännite U_n kV	Laitteen suurin käyttöjännite U_m kV	Pienin vaiheen ja maan välinen etäisyys N mm	Maasta eristimen alaosaan mm	Maasta jännitteeseen osaan mm
10	12	120/150	2600	2800
20	24	220	2600	2820
110	124	1100	2600	3700
400	420	3400	2600	6000

Turvatoimenpiteet

SFS 6001-standardin kappaleessa 7 on määritelty, että sähköasemien asennuksien rakenteiden täytyy olla sellaisia, että käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalla on mahdollisuus tehtäviensä ja valtuuksien puitteissa liikkua missä tahansa asennuksien kohdassa olosuhteet mukaan huomioiden. Tällä tarkoitetaan, että asennuksille on asetettava riittävä kosketussuojaus joka on tehty joko koteloimalla, suojuksella, esteillä tai sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle, lisäksi sähköaseman maadoitusten on oltava kunnossa kosketusjännitteiden poistamiseksi.

Turvatoimenpiteet kattaa myös paloturvallisuus asiat, sähköaseman ukkossuojaukseen liittyvät asiat.

Sähkölaitteistoissa ja niiden läheisyydessä työskenteleviä henkilöitä on suojattava tarvittavalla tavalla mm. oikeiden työvälineiden avulla. Työskentelevien henkilöiden suojauksessa noudatetaan myös SFS 6002-sähköturvallisuus standardin vaatimuksia. /17/

Merkinnät

SFS 6001-standardin kohdassa 7.8 on määritelty asennuksia koskevat merkintävaatimukset. Vaatimuksien mukaan laitteistot kuten kiskojärjestelmät, kojeistot, kentät, kaapelit ja johtimet on merkittävä näkyvästi ja sekä helposti tunnistettavasti.

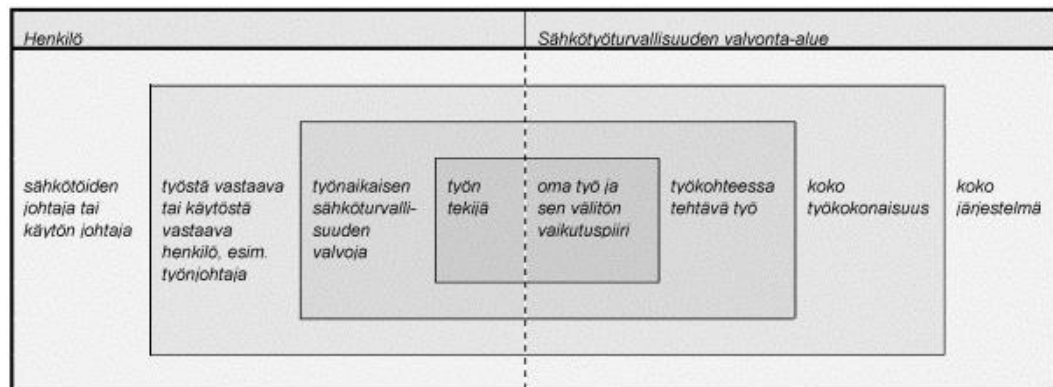
ti. Merkintöjen täytyy myös kestää kulutusta ja korroosiota. Kaikki sisäänkäyntiovet ja sähköasemaa kiertävä aita on merkittävä sähkönvaarallisuudesta kertovilla kylteillä. /18/

4.1.2 SFS 6002

Toinen yhtä tärkeä standardi sähköasemien asennuksissa on sähköturvallisuuden ohjeistava SFS 6002-standardi. Standardi käsittää kaikki CENELEC-standardin maissa noudatettavat minimivaatimukset sekä maakohtaiset erikoisvaatimukset.

Standardi asettaa vaatimukset sähkölaitteiston turvalliseen käyttöön sekä työskentelyyn niiden läheisyydessä. Standardi koskee kaikkia sähkötöitä sekä sähkölaitteiston läheisyydessä tapahtuvaa työtä. Kaikkien sähköasemilla työskentelevien henkilöiden tulee olla perehdytettyjä standardin mukaisiin vaatimuksiin sekä noudatettava niitä ehdottomasti.

Standardin perusvaatimuksena on turvallinen toiminta joka tarkoittaa, että työtekevien henkilöiden täytyy arvioida työnteossa aiheutuvat sähköiset riskit ennen kuin aloitetaan työt. Lisäksi standardin mukaan jokaisella sähkölaitteistolla täytyy olla vastuhenkilö joka opastaa myös niistä vaaroista joita työskentelevät henkilöt eivät normaalisti pysty havaitsemaan.



Kuva 5. Sähköturvallisuutta valvovat henkilöt sekä valvonta-alueet. /23/

Sähköasemilla työskentelevien henkilöiden tulee hallita työskentely käytännöt jännitteettömien sekä jännitteisten osien kanssa. Erityisen tärkeää on hallita toimintaperiaatteet, kun työskennellään jännitteisten osien läheisyydessä. Sähköasemilla työskentelevien henkilöiden on tiedettävä sallitut etäisyydet korkeajännitteisistä osista esim. kaivutöissä. /23/

Sähköasematyömaalla kaikista sähkötöistä vastuu on sähkötöiden tai käytön johtajalla. Sähköasemalla kuitenkin työskentelee useita henkilöitä jolloin kokojärjestelmän toiminnan valvominen on mahdoton tehtävä yhdelle henkilölle. Tämän vuoksi sähköasemalla työskenteleville henkilöille annetaan oma valvonta-alueensa, josta henkilön täytyy huolehtia. Kuvassa (Kuva 5.) on esitetty sähköasematyömaalla toimivien henkilöiden valvonta-alueet, joiden sähköturvallisuudesta henkilön tulee huolehtia sähkötöitä tehdessä.

4.2 Substations-yksikön sisäinen tieto

Substations-yksikölle on vuosien mittaan kertynyt eri projektien kautta useita sähköaseman asennuksiin liittyviä ohjeistuksia. Lisäksi yksikössä on töissä henkilöitä joilla on vuosien kokemus erilaisista sähköasemaprojekteista sekä niissä tehdyistä

asennustavoista. Tällaiset tiedot jäävät usein henkilöiden omaan tietoon eikä niitä tällöin pystytä käyttämään jatkossa.

Opinnäytetyössä pyrittiin keräämään tietoa mahdollisimman monesta aikaisemmasta projektista hyödyntäen niissä käytettyjä projektikohtaisia ohjeistuksia. Opinnäytetyössä hyödynnettiin myös valokuvia aikaisemmista projekteista, sekä työvaiheista että valmiista asennuksista. Hyväksi tiedonlähteeksi osoittautui myös asiakkailta tulleet kommentit liittyen erilaisiin asennuksiin ja työskentelytapoihin. Tällaiset projektikohtaiset ohjeistukset jäävät usein vain projektin parissa työskennelleiden henkilöiden tietoon. Kyseisiä tietoja pyrittiin keräämään mahdollisimman laajasti käsikirjaan.

Sähköasema-yksiköllä on aiempia asennusohjeita, joissa on hyviä asennustapoja sähköaseman erilaisiin asennuksiin. Aiemmat asennusohjeet eivät kuitenkaan ole tarpeeksi kattavia sähköasemilla käytettäväksi, mutta ohjeissa on hyviä yksittäisiä tietoja, joita pystyi käyttämään käsikirjassa hyväksi.

Projektikohtaiset, suunnittelussa tehdyt asennuspiirustukset olivat hyviä tiedonlähteitä. Asennuspiirustuksissa on ohjeistettu yksittäisellä piirustuksella millainen asennuksesta halutaan. Asennuspiirustuksissa ei kuitenkaan ole selitetty miten asennukset tehdään (lukuun ottamatta erikoistapauksia), vaan asennuksen toteuttaminen kuvanmukaiseksi jää urakoitsijan tehtäväksi. Asennuspiirustuksesta on esimerkki opinnäytetyön liitteessä 2. (Liite 2.)

Yksikössä työskentelevillä henkilöillä on myös kertynyt omia henkilökohtaisia kokemuksia ja näkemyksiä erilaisista projekteista sekä sähköasemilla tehdyistä asennuksista. Projekteissa toimineet henkilöt osasivat kertoa mitkä ovat olleet toimivia asennustapoja ja mitkä asennustavat ovat osoittautuneet huonoiksi. Käsikirjaan pyrittiin keräämään mahdollisimman laajalti tietoa projekteissa toimineilta henkilöiltä ja näin kokoamaan eri henkilöiden osaaminen yhteen.

5 OHJEISTUKSEN NYKYTILA

5.1 Tämän hetkiset asennusohjeet

Substations-yksiköllä on lukuisia erilaisia sähköasemien urakointiin liittyviä ohjeita, joista osa oli vanhempia ja osa uudempia. Sähköasema-yksikön oma asennusohje ”Hyvät asennustavat” on päivitetty viimeksi vuonna 2010. Tämän jälkeen on tullut Fingridin omiin vaatimuksiin perustuva ohjeistus, jota noudatetaan Fingridin tilaamalla sähköasemilla.

5.2 Ongelmat tämänhetkisissä asennusohjeissa

5.2.1 Substations-yksikön nykyinen ”Hyvät asennustavat”-asennusohje

Nykyinen Substations-yksikön oma ”Hyvät asennustavat”-asennusohje tarvitsee päivitystä. Osa ohjeistuksen asennustavoista on saattanut muuttua, kun on otettu käyttöön parempia asennustapoja. Tällaiset muutokset pyrittiin keräämään uuteen ohjeeseen. ”Hyvät asennustavat”-asennusohje perustuu ohjeistuksiin valokuvien avulla. Asennusohjeessa on esimerkki valokuvia hyvistä asennuksista sekä huonoista asennuksista, mutta varsinaista selittävää teoriaosaa ei asennusohjeessa ole. Asennusohje on myös suppea ja siinä on käsitelty sähköasemien asennuksia vain yleisesti, esimerkiksi maadoituksista ja kaapelivedoista on kerrottu hyvin suppeasti.

5.2.2 Fingridin asennusohje

Suomen kantaverkkoyhtiö Fingrid on toimittanut uudemman ohjeen, jota tulee noudattaa Fingridin tilaamalla sähköasemilla. Ohjeessa otetaan kantaa laajemmin sähköasemilla tapahtuviin asennuksiin. Fingridillä on erikoisvaatimuksia omille sähköasemilleen, jotka perustuvat yhtiön omiin normeihin. Fingridin omiin normeihin pohjautuvat asennukset kuitenkin aiheuttavat lisäkustannuksia sekä ylimääräistä työtä sähköasematyömaille. Fingridin asettamat vaatimukset ylittävät

joiltain osin Suomen SFS-standardeissa määritellyt perusvaatimukset, joten yhtiön asennusohjeita ei tarvitse noudattaa yleisesti muilla sähköasematyömailla.

Koska kunnollista ja laajaa asennusohjetta ei Substations-yksiköllä ole käytössä, saattaa urakoitsijoilta tulla kysymyksiä erilaisiin asennustapoihin liittyen. Epäselvien asennustapojen vuoksi joudutaan sähköasemilla tehtävistä asennuksista tekemään tarkkoja yksityiskohtaisia ohjeistuksia.

5.3 Uusi sähköasemaurakoinnin käsikirja

Vaikka Substations-yksiköllä on lukuisia erilaisia sähköasemien urakointiin liittyviä ohjeita, ei yhtä kattavaa dokumenttia ole Substations-yksiköllä käytössä. Yksikössä on aiemminkin aloitettu asennusohjeistuksen tekeminen, jota voitaisiin hyödyntää kaikissa sähköasemaprojekteissa, mutta ohjeistus on jäänyt työkiireiden vuoksi tekemättä.

Sähköasematyömailla halutaan välttää vaaratilanteita, jotka johtuvat huonoista asennusohjeistuksista tai vääristä työtavoista. Hyvillä ja selkeillä ohjeilla oikein noudatettuna ABB:n sähköasematyömaiden asennuksista saadaan yhtenäinen, siisti ja toimiva ja ennen kaikkea pystytään välttämään huonoista asennustavoista johtuvia vaaratilanteita.

Urakoitsijoilta on myös tullut erilaisia kysymyksiä liittyen asennuksiin, sillä pelkät asennuspiirustukset sekä suunnitelmat eivät anna urakoitsijalle tarpeeksi tietoa. Käsikirjan ohjeet tuovat tehokkuutta sähköasematyömaille sillä käsikirjan avulla urakoitsija pystyy oma-aloitteisesti löytämään vastaukset sähköasematyömaan edessä esiintyviin kysymyksiin.

Vanhoiden asennusohjeiden sekä aikaisemmista projekteista opittujen ja kehittämistä vaativien asioiden pohjalta voidaan koota hyvä ja kattava yksittäinen dokumentti, joka noudattaa tämänhetkisiä SFS-säädöksiä.

6 SÄHKÖASEMAURAKOINNIN KÄSIKIRJA

6.1 Asennusohjeiden rakenne

Asennusohjeiden rakenteen luominen osoittautui vaikeaksi, sillä sähköasemaurokointi käsittää paljon erilaisia asioita, jotka täytyy pystyä saamaan järkevään järjestykseen sekä helposti urakoitsijan ymmärrettäväksi. Ohjeista haluttiin tehdä sellaiset, että asentajan pohtiessa jotain yksittäistä tietoa tulisi tarvittavan tiedon löytäminen sisällysluettelon avulla olla helppoa ja loogista.

Asennusohjeiden sisällön asiajärjestys oli mietittävä tarkoin, jotta asennusohjeet kulkisivat johdonmukaisessa järjestyksessä ja eri asiayhteydet sekä toteutumisjärjestys kävisi lukijalle helposti ilmi. Sähköaseman eri komponenttien asennuksessa on paljon yhtäläisyyksiä. Asennusohjeissa haluttiin kuitenkin välttää turhaa toistamista, joten varsinkin tältä osin rakenne oli mietittävä tarkoin.

Näiden tietojen pohjalta muodostui käsikirjan sisällysluettelon rakenne ja kappalejaotus joiden avulla sisällön kerronnasta saatiin looginen. Pääkappalejako muodostui seuraavanlaiseksi:

- maadoitukset
- kaapelireitit
- yleiset asennusohjeet komponenteittain
- liittimien asennus
- sisäasennukset
- muita huomioitavia asioita
- kiinnitykset ja liitokset
- lisäliitteet.

Pääkappalejaon jälkeen otsikot jaettiin vielä tarpeen mukaan alaotsikoihin.

6.2 Käsikirjan sisältö

Sähköasemaurakointi on käsitteenä todella laaja, sillä se koskee kaikkea sähköasemilla tapahtuvaa työtä aina maanrakennustöistä releiden ohjausjohdotuksiin.

Tähän ohjeeseen päätettiin sisällyttää lähes kaikki ulkokentällä tapahtuvat asennustyöt. Sisätiloihin liittyvistä asennuksista tässä ohjeessa käsitellään vain tärkeimmät asennukset.

Esitystapana noudatettiin kaikissa asennusohjeissa samaa tyyliä, jossa kappaleen alussa kerrotaan muutamalla lauseella asennusvaiheeseen liittyvää perustietoutta jonka jälkeen käsitellään kyseisen aiheeseen liittyviä asennuksia. Lisäksi asennusohjeisiin lisättiin kuvia aikaisemmista projekteista tukemaan asennusohjeiden teoriaosassa esitettyjä asennustapoja.

Kappaleen alussa olevan perustietouden tarkoituksena on antaa urakoitsijalle vastaus kysymyksiin ”mitä tehdään?” ja ”miksi tehdään?”. Esimerkiksi maadoitusverkon asennuskappale alkaa seuraavasti:

”Maadoitusverkko rakennetaan sähköaseman perusmaadoitukseksi. Maadoitusverkon päätarkoituksena on pienentää kosketus- sekä askeljännitteitä mutta sillä pystytään myös pienentämään sähköaseman maadoitusresistanssia. Sähköasemalla olevat laitteet ja kojeet liitetään maadoitusverkkoon.” /8/

6.2.1 Maadoitukset

Maadoituksia koskevat vaatimukset

SFS 6001-Standardin kappaleessa 9 on määritelty ohjeistukset maadoitusverkon asentamiseen. Maadoitusjohtimien tai maadoituselektrodien poikkipinta riippuu vikavirran arvosta ja kestoajasta. SFS 6001-standardin liitteessä L on esitetty opastuksia, joiden mukaan että maadoitusverkon yhdistyksissä käytettävien liittimien täytyy omata vähintään samat sähköiset ominaisuudet kuin maadoitusverkossa käytettävillä johtimilla. Lisäksi maadoituksien on kestettävä korroosiota.

Standardi suosittelee, että maadoitukset asennetaan routarajan alapuolelle ja maadoituselektrodit ympäröidään kevyesti tiivistetyllä maalla, sopimaton maa-aines korvataan sopivalla täytemaalla. /10, 22/

SFS 6001-standardin liitteen F mukaan sähköasemia ympäröivät aidat tulee maadoittaa useasta kohtaa maadoitusverkkoon. Maanpinnalla olevat maadoitukset on asennettava niin, että niihin päästään tarvittaessa käsiksi. /21/

Kaikki sähköasemalla jännitteelle alttiina olevat laitteet on maadoitettava, SFS-6001-standardi antaa kuitenkin luvan käyttää terästelineitä maadoitusjohtimena. Tämä helpottaa sähköasemakomponenttien maadoittamista.

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset maadoitusten asentamiselle

Käsikirjan ensimmäinen kappale käsittää sähköasemien maadoitukseen liittyvät asiat. Kappaleessa käsitellään aluksi maanrakennustöiden aikana tehtävää maadoituskäytäntöä. Maanrakennustöiden aikana tehtäviä maadoituksia on mm. maadoitusverkon asennus, perustuksien, terästelineiden ja voimajohtopylväiden maadoittaminen. Esimerkki perustuksen maadoituksesta kuvassa 6. (Kuva 6.)

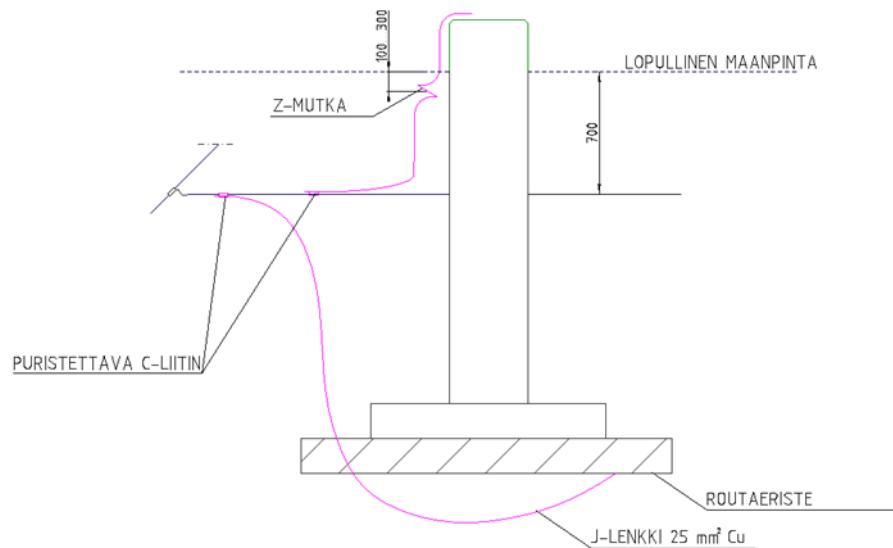
Maadoitusverkon asennuksesta annetaan ohjeita verkon rakenteesta, materiaaleista, asennuksesta maahan ja liitoksen tekemisestä.

Terästelineiden maadoituksista kuvataan miten telineeseen tulevat haarajohtimet asennetaan. Kappaleessa käsitellään myös erikseen joidenkin sähköasemakomponenttien maadoituksia ja maadoitusasioita, jos komponenttien maadoituksessa pitää kiinnittää erityistä huomiota. Tällaisia komponentteja ja asioita ovat mm.

- Kompensointikopin sekä kopin sisäisten komponenttien maadoitus. Kompensointi koppiin asennetaan oma maadoituskisko, joka yhdistetään kahdella kuparijohtimella sähköaseman maadoitusverkkoon. Kompensointikopissa olevat komponentit, kuten omakäyttömuuntaja yhdistetään kompensointikopin maadoituskiskoon.

- Sähköaseman aidan ja porttien maadoitus. Sähköaseman aidan maadoituksesta huomioidaan kuinka tiheästi aita pitää maadoittaa, millaisilla liitoksilla aita voidaan maadoittaa ja miten maadoitukset tehdään. Voimalinjan alla, jokainen aitatolppa tulee maadoittaa aidan ulkopuolella kulkevaan potentiaalintausrenkaaseen.
- Kaapeleiden vaipan maadoitus sallitun kuormitettavuuden kannalta. Kaapelin kosketussuojan tarkoitus on maadoittaa käytönaikaiset varaus- ja vikavirrat. Pitkillä etäisyyksillä keski- ja suurjännitekaapeleille saadaan lisäkuormitettavuutta jättämällä kaapelin vaippapiiri toisesta päästä auki, tällöin avoimeen päähän tarvitaan ylijännitesuoja estämään oikosulun aikaisen vaippapiirinjännitteen kasvamista liian suureksi.
- Kaapelikanaviin asennettavien kaapelihyllyjen maadoitus. Kaapelikanavaan asennettava kaapelihylly yhdistetään maadoitusverkkoon molemmista päistä ja vähintään 50 m välein
- Kaapeleiden saattomaadoitukset erilaisia asennustapoja käyttäessä. Esimerkiksi useampia kaapeliputkia sisältävien putkiryhmien saattomaadoituksissa riittää yksi 25 mm² saattomaadoitusjohdin.
- Rakennuksien maadoituksesta kerrotaan mm. rakennuksien metallirakenteiden maadoituksesta. Rakennuksen ympärille asennetaan kirkkaasta kuparijohtimesta muodostuva potentiaalintausrengas. Kaikki rakennuksen ulkopuoliset metalliset osat maadoitetaan potentiaalintausrenkaaseen kahdella 25mm² KEVI-kuparijohtimella, ellei toisin mainita.
- Työnaikaiset maadoitukset kuten työkoneiden maadoitus ja työmaadoituslaitteiden asentaminen. Esimerkiksi työkoneet täytyy yhdistää laitteen rungosta sähköaseman työmaadoituspisteeseen tai maadoitusverkkoon.
- Päämaadoituskiskoon liitettävät maadoitukset sekä kiskoa koskevat vaatimukset. Esimerkiksi MEB-kiskon täytyy olla tarpeeksi pitkä, että kaikki maadoitukset mahtuvat samaan kiskoon. MEB-kiskoa ei saa jatkaa.
- Tehomuuntajan sekä muuntajabunkkerin maadoitus. Muuntajabunkkerille asennetaan eristämättömästä kuparista potentiaalintausrengas ja muunta-

janbunkkerin sisäiset komponentit maadoitetaan erilliseen maadoituskiskoon.



Kuva 6. Esimerkki perustuksen maadoituksesta

Sellaisten yksittäisten komponenttien asennus, joiden asennuksessa ei ole erityisen paljon huomioitavia asioita käsitellään kokekohtaisessa osiossa.

6.2.2 Kaapelireitit

Kaapelointia koskevat vaatimukset

SFS6001-standardin kohta 5.2.9 ohjeistaa kaapelin taivutuksissa sekä kaapeliasennuksissa noudattamaan kaapelivalmistajan antamia ohjeita.

Kaapeleiden perusvaatimuksena on, että kaapelit on valittava ja sijoitettava niin, ettei suurin sallittu lämpötila ylitä johtimissa, johdineristyksissä, liitoksissa normaalikäytössä eikä toimittajan ja käyttäjän kesken sovituissa käyttöolosuhteissa tai oikosulussa.

Standardissa on lisäksi määritelty erityyppisten kaapeleiden asennusvaatimukset. Esimerkiksi suurjännitekaapelit on suojattava mekaanisilta vaurioilta asentamalla kaapelit riittävän syväälle kivettömään maahan, tarvittaessa kaapelit on suojattava putkilla, laatoilla tai muilla vastaavilla. Kaapelit on asennettava niin, että asennus kestää oikosulkuvoimat. Kaapelipäätteille tulevat kaapelit pitää asentaa niin, ettei päätteisiin kohdistu rasi- /15/

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset kaapeleiden asentamiselle

Käsikirjan toisessa kappaleessa käsitellään kaapeleiden asentamista suoraan maahan, kaapeliputkien asentamista sekä kaapeleiden asentamista kaapeliputkiin ja erilaisia kaapelikanavan käyttöön liittyviä asennusratkaisuja.

Kappaleen alussa pohjustetaan kaapeleiden asennusta yleisesti mm. kaapeleiden- vetolaitteiston käyttöä, kaapeleiden sijoittelua sekä kaapelireitin valintaa häiriöiden välttämiseksi. Esimerkiksi kaapelireiteillä on pidettävä huolta, että kaapelien etäisyydet toisistaan ovat riittävät: Signaalikaapelit ja pienjännitevoimakaapelit vähintään 300 mm päässä toisistaan. Keski- ja suurjännitekaapelit vähintään 300 mm päässä pienjännitevoimakaapeleista ja vähintään 600 mm päässä signaalikaapeleista

Sähköasemalla esimerkiksi suurjännitekaapelit voidaan asentaa suoraan maahan. Kaapeleiden asennuksesta maahan käsikirjassa käsitellään mm. asennussyvyyttä, taivuttamista sekä taivutussäteitä, asennuslämpötiloja sekä asennuskuvioita, kolmioon tai vaakaan. Maahan asennettavat kaapelit upotetaan vähintään 0,5 m syvyyteen ja maa on tiivistettävä kaapelin ympäriltä, jotta kaapelille ei pääse aiheutumaan mekaanisia vaurioita. Kaapelikaivantoon asennetaan varoitusnauha noin 20 cm kaapeliasennuksen yläpuolelle. Kaapelin vetoreitti tulee valita tarkasti ja tarkistaa se mahdollisten terävien asioiden, kuten kivien varalta ettei kaapeli vaurioidu.

Sähköasemilla ohjauskaapeloinnit sekä mahdolliset tienalitukset hoidetaan yleensä putkittamalla. Käsikirjassa on ohjeistetaan mm. kaapeleiden putkitusreitien

sijoitteluun johtojen asentamisen kannalta sekä erilaisiin putkia koskeviin suojausluokituksiin. Jos kaapelit tuodaan putkessa kojeelle, kaapeliputki tuodaan noin 15 - 20 cm maanpinnan yläpuolelle tai lähelle perustuksen yläosaa. Lisäksi kaapelit tulee suojata 0,5 m korkeuteen.

Isommilla sähköasemilla joissa on lukuisia kaapeleita, suoritetaan kaapeliasennukset käyttäen kaapelikanavia. Käsikirjassa käsitellään erilaisia kaapelikanaviin liittyviä asennustapoja sekä niissä huomioitavia asioita, kuten kaapelihyllyn käyttö kaapelikanavassa sekä kaapeleiden ryhmittäminen kaapelihyllyihin häiriöiden välttämiseksi. Kaapelikanavan etuna on, että kaapeleita pystytään lisäämään, korvaamaan ja tarkistamaan helposti. Kaapelikanaviin asennettavat hyllyt tulee asentaa tukevasti kiinni kaapelikanavan seinään. Hyllyillä kulkevat kaapelit jaotellaan järjestelmien mukaan, jolloin välttyään häiriöiltä. Hyllyt täytyy myös merkitä asianmukaisella tavalla.

6.2.3 Yleiset asennusohjeet komponenteittain

Sähköaseman laitteita koskevat vaatimukset

SFS 6001-standardissa on esitetty sähköasemien laitekohtaiset vaatimukset. Vaatimukset on pääasiassa otettava huomioon jo sähköaseman suunnitteluvaiheessa. Tällaisia asioita vaatimuksia on mm. laitteiden valintaa, laitteiden sijoittelua ja erilaisia suojauksia koskevat vaatimukset, kuten huolehtiminen riittävästä ilmanvaihdosta.

SFS 6001-standardissa on kuitenkin otettu joiltain osin kantaa sähköaseman asennuksiin. Asennuksiin liittyviin asioihin standardi määrää yleisesti, että asennuksen on toimittava asianmukaisella tavalla eli ts. valmistajan antamia erityisohjeita täytyy noudattaa täydellisesti.

Erottimet ja maadoituserottimet on asennettava siten, etteivät ne voi toimia tahattomasti esimerkiksi ohjauslaitteisiin manuaalisesti kohdistuvan voiman vuoksi.

SF6-kaasulla toimivat laitteet kuten katkaisijat on asennettava niin, ettei kaasusta aiheudu vaaraa asentajille tai ympäristölle.

Mittamuuntajat on asennettava siten, että toisioliittimiin pääsee käsiksi. Mittamuuntajien toisiopiirit on myös maadoitettava mahdollisimman lähellä mittamuuntajien toisioliittimiä. Jos toisiopiirit on kuitenkin välttämätöntä maadoittaa muista kohdista, täytyy maadoitukset tehdä niin, ettei niitä voida irrottaa tahattomasti. Ilmasydämiset reaktorit on asennettava siten, että oikosulkutilanteessa aiheutuvat voimat ei vedä esineitä reaktorin sisään.

Ylijännitesuojille asennettavien laskurien lukeminen pitää olla mahdollista laitteiden ollessa jännitteellisiä. Laskurit täytyy myös asentaa siten, ettei paljasta johdinta voi koskettaa.

Sisä- ja ulkoasennukset, joissa on tarpeen kulkea, täytyy varustaa riittävällä valaistuksella normaalia käyttöä varten. Varavalaistus on hankittava tarpeen vaatiessa. Vaihtoa ja uusimista tarvitsevat valaistuksen osat, kuten lamput on asennettava siten, että asennus- tai kunnossapitotyössä säilyy tarvittava suojaetäisyys jännitteisiin osiin. /12/

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset erilaisille sähköasemakomponenteille

Sähköasemalla olevat komponentit rakentuvat yleensä kojeen terästelineestä sekä varsinaisesta suurjännitekojeesta. Terästelineiden asennuksissa ja kojeiden asennuksissa telineisiin noudatetaan tavallisesti samoja asennustapoja, nämä asiat on kerrottu asennusohjeessa yleisellä tasolla. Tällaiset asiat on yleensä myös ohjeistettu sähköasemille toimitettavissa asennuspiirustuksissa. Yksityiskohtaisemmin asennusohjeessa käsitellään mm.

- Erottimien säätäminen sekä erottimen ohjaimien kaapelointi. Kun erotin on asennettu paikoilleen, erotin säädetään valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Mittamuuntajien asennuksia koskevat asiat, kuten virtamuuntajien muuntosuhteen muuttaminen ja rungon maadoitus. Virta- ja jännitemuuntajien arvokilpien arvot tarkistetaan ennen asennusta esimerkiksi pääkaaviosta, jotta mittamuuntajat tulevat oikeaan kenttään. Tarvittaessa mittamuuntajien arvoja pystytään säätämään erilaisilla kytkentätavoilla.
- Ukkosmastoon liittyvät asennukset, kuten ukkosköysien asennus ja maston maadoitukseen liittyvät huomiot. Ukkosmastoon voidaan asentaa erilaisimpia ja sähköaseman turvalaitteita.
- Virtaputkia koskevat asennukset joista esimerkkinä värinävymentimien asennus sekä koronasuojat ja sekä niiden asennus edellytykset. Koronapallot asennetaan 220 kV ja 400 kV putkikiskojen päihin. 110 kV putkikiskoihin ei koronapalloja pääsääntöisesti tarvitse asentaa.
- Katkaisijan kaasutukseen liittyvät erityishuomiot. Esimerkiksi 3-vaiheista katkaisijaa kaasuttaessa täyttöletkujen ja katkaisijan välisten yhdistyskapaleiden kiristysjärjestys on tärkeää tasaisen kaasun lisäämisen vuoksi. Katkaisijoiden ohjainten valmiiden välikaapeleiden asennukseen on myös kiinnitettävä huomiota.
- MEHO-rakennuksen asennusohjeistus. MEHO-ohjeistuksessa käsitellään huomioitavia asioita, joita MEHOn omassa ohjeistuksessa ei ole mainittu.
- Muuntajan kaapelointi ja kaapelin kiinnitykset. Esimerkiksi muuntajalle tulevat kaapelit asennetaan siten, että ne voidaan taivuttaa tarvittaessa sivuun, jos muuntaja täytyy haalata pois esim. huollon ajaksi.
- Ylijännitesuojien maadoitus ja maadoitukseen liittyvät huomiot. Ylijännitesuojat asennetaan eristimen varaan ja Fingridin projekteissa ylijännitesuojille asennetaan toiminnallinen maadoitus ylijännitesuojan alapäästä maasta eristetylle kiskolle saakka, muissa projekteissa ylijännitesuoja voidaan toiminnallinen maadoitus asentaa suoraan maadoitusverkkoon.

- Riippueristimen asentamisessa huomioitavat asiat. Riippueristintä nostettaessa ei eristintä saa taittaa, ettei eristinketju hajoa. Eristimen kokoamisessa täytyy noudattaa tarkoin annettuja ohjeita.
- Reaktoreiden maadoituksessa huomioitavat asiat sekä antimagneettisten materiaalien käyttö magneettikenttien varalta. Reaktoreiden lähellä vallitsee suuret magneettiset voimat, joten reaktoreiden maadoitus ei saa muodostaa silmukoita vaan maadoitus tehdään säteittäin, jolloin magneettisia kiertovirtoja ei pääse syntymään.
- Jakokaapin asennus. Jakokaappi voidaan asentaa erilliselle perustukselle tai kaapelikanavan päälle.
- Erilaisten jakokaappien ja ohjauslaitteiden sisäiset johdotukset ja merkintätavat. Ohjaus-/kytkentäkoteloon tulevat kaapelit asennetaan siististi ja vedonpoisto hoidetaan asianmukaisella tavalla. Läpivienneissä ei saa käyttää kalvotiivisteitä tai multilaippaa. Kaapeleiden päät teipataan mustalla eristävällä teipillä kuorintakohdasta jonka jälkeen kaapelit merkitään.

6.2.4 Suurjänniteliittimien asennus

Suurjänniteliittimiä koskevat vaatimukset

SFS 6001-standardin mukaan liittimien on oltava kemiallisesti ja mekaanisesti kestäviä ja liitospinnat on valmistettava oikein ja puristettava yhteen liitostyyppin määräämällä voimalla. Liitoksen käytönaikainen lämpötilan nousu ei saa ylittää EN 60694-standardissa määriteltyjä arvoja. /14/

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset suurjänniteliittimille

Kappaleessa ohjeistetaan suurjänniteliittimien asennustapoja. Suurjänniteliittimisessä on tärkeää huomioida mm. oikeat kiristysmomentit, liitosrasvan käyttö sekä liittimiin tuotavien kaapeleiden katkaisu oikeaan mittaan koronailmiöiden välttämiseksi.

Liittimet tulee puhdistaa ja rasvata huolellisesti ennen liitoksen tekoa. Liitoksien pultit täytyy kiristää momenttiavaimella momenttiin oikeassa järjestyksessä, että saadaan tasainen kiristys. Liittimeen kiristettävät johtimet eivät saa olla liian pitkiä, vaan ne katkaistaan liittimen tasalle jolloin ei synny korona-ilmiötä. Liittimeen kiinnitettävät johtimet tulee myös rasvata.

6.2.5 Sisäasennukset

Sisäasennuksia koskevat vaatimukset

Pienjännitteellä toimivat vaihto- ja tasasähköjärjestelmät on suunniteltava SFS 6000-standardien mukaisesti. SFS 6001-standardin kohdan 6.5.3 mukaan kojeiston valmistaja määrittää kojeiston vaativan tilan sekä paineenpurkausaukkojen mitoitus, paineenpurkausaukot on kuitenkin järjestettävä ja sijoitettava siten, että ihmiset tai omaisuus ei vahingoitu niiden toimiessa.

SFS 6000-standardissa määritellään akkujen ja akkuasennusten yleiset vaatimukset esim. akkujen tuuletuksesta, sijoittelusta sekä akkuhuoneen rakenteesta. Sähköasemilla käytettävä akkupiiri on yli 60V sykkeettömällä tasajännitteellä toimiva SELV-piiri, joten SFS 6000-standardin perusteella akusto vaatii perussuojauksen eli akustolla pitää olla kosketussuojaus sekä kosketusjännitesuojaus. SFS-EN 50272-2 standardin kohdassa 5.1 on määritelty, että akustot joiden nimellisjännite on yli 60VDC mutta enintään 120VDC on sijoitettava tilaan, joka sijaitsee alueella johon pääsyä on rajoitettu. /16, 19, 24/

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset sisäasennuksille

Käsikirjassa käsiteltiin sisäasennukset lyhyesti. GIS-kojeiston asennukseen ei ohjeissa oteta kantaa, koska GIS-kojeiston valmistaja määrittelee GIS-kojeistolle yleensä tarkat asennusohjeet. Käsikirjassa ohjeistetaan mm. paneelien asentaminen, maadoittaminen, kaapelin tuonti paneeleihin sekä erilaiset paneelin sisäiset

johdotukset. Paneelien asennuksien lisäksi ohjeessa on käsitelty valvomorakennuksen omakäyttösähköjen asennukset sekä niiden suojaus. Lisäksi ohjeessa kerrotaan akkuhuoneen tuuletuksen asentamisesta sekä akkuhuoneen sisäisistä johdotuksista.

Sisätiloissa paneelit asennetaan tukevasti lattiaan ja/tai seinään esimerkiksi kiilaankureilla. Asennettaessa on varmistettava, että paneelit tulevat suoraan ja tarvittaessa paneelien linjaamiseen käytetään korokepaloja. Kaapeleiden tullessa yläpuolelta on paneelin yläpuolelle asennettava vedonpoisto. Sisätiloissa olevat kaapelit suojataan avoimissa paikoissa aina 1,5 m korkeuteen asti. Paneelien johdotukset merkitään.

Akkuhuoneeseen asennettavilla tasavirtakaapeleilla täytyy olla kaksoissuojaus aina akun navoille asti. Akkuhuoneeseen asennetaan haponkestävä allas. Akkuhuoneeseen asennetaan tuuletusyksikkö. Ilmanvaihtojärjestelmästä täytyy tulla hälytys, jos järjestelmä vikaantuu. Fingridin projekteissa ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan virtausvahdilla.

6.2.6 Kiinnitykset ja liitokset

Liitoksia koskevat vaatimukset ja ohjeistukset

SFS 6001-standardin liitteessä L on määritelty sähköaseman maadoitusliitoksia koskevat vaatimukset. Standardissa esitettyjen vaatimuksien mukaan liitoksilla täytyy olla hyvä sähköinen jatkuvuus. Liitokset eivät saa löystyä ja liitokset saa olla irrotettavissa vain työkalulla. Liitoksien on kestettävä korroosiota. Puristusliitokset on tehtävä liittimelle tarkoitetulla työkalulla noudattaen liitinvalmistajan antamia puristusohjeita.

D1-2009 ohjeistaa, että sähköiset liitokset tehdään standardin mukaisen liittimen valmistajan antamien mukaisesti. Liitokset on tehtävä sähköisesti ja mekaanisesti luotettaviksi, johtavuudeltaan niiden on vastattava johdinta. /4/

Liitoksia tehdessä on huomioitava eri materiaalien yhdistämistä koskevat vaatimukset korroosion estämiseksi esim. alumiinin voi liitosrasvaa käyttäen liittää kuparialustaan, jos alusta on pinnoittamaton, hopeoitu, kromattu tai niklattu, pitää liitoksessa käyttää siirtymisliittimiä. Alumiiniliittimien ja –kiskojen ruuviliitoksissa käytetään paineentasauslaattoja sekä kartiopuristuslaattaa, joka oikein käytettynä ylläpitää liitoksessa riittävän puristuspaineen. /4, 22/

Käsikirjan sisältämät ohjeistukset erilaisille sähköaseman liitoksille

Kappaleeseen on kerätty käytettäviä liitos- ja kiinnitystapoja yhden otsikon alle, jolloin urakoitsijan on helppo löytää ohjeet tarvitsemaansa liitokseen. Kappaleessa käsitellään mm. erilaisia sähköisiä liitoksia, kuten maadoitusliitoksia sekä erilaisia mekaanisia liitoksia, kuten kiila-ankkurin kiinnitys ja MEKA-asennustarvikkeiden käyttö. Käsiteltäviä maadoitusliitoksia on mm. Cadweld-molekyyliliitos sekä puristusliitos. Cadweld-liitoksesta on kerrottu eri käyttötarkoitukset, turvallisuusohjeet liitosta tehdessä sekä Cadweld-liitoksen työohjeet.

Cadweld-molekyyliliitos on ylivoimainen liitosmenetelmä korroosioherkille maadoitusliitoksille sekä muille suurta johtavuutta vaativille pitkäikäisille liitoksille. Liitos soveltuu erityisesti kupariköyden liittämiseen toiseen kupariköyteen, teräsköyteen, metallirakenteeseen, betoniraudoitukseen tai maadoitussauvaan. Liitos sopii myös virtakiskojen yhteen liittämiseen

6.2.7 Muita huomioitavia asioita

Kappaleeseen on koottu yleisiä asennuksiin liittyviä asioita, jotka eivät erityisesti liity muiden kappaleiden alle. Tällaisia asioita ovat mm. sähköasemalla tapahtuvat nostotyöt, nostoissa huomioitavat turvaetäisyydet sekä sähköaseman valvomorakennuksen kalustus. Turvaetäisyyksistä on esimerkki seuraavalla sivulla. (Kuva 7.)

Nostotöissä on huomioitava työskentely jännitteisten osien läheisyydessä ja tarvittavat turvaetäisyydet. Jännitteisten johtojen kanssa työskenneltäessä ei mikään esine tai kone saa mennä turvaetäisyyksiä lähemmäksi.

Lopulliset toimistopöydät ja kaapit toimitetaan asemalle urakan loppuvaiheessa, kun asemalla ei tehdä enää sellaisia työvaiheita, että ne voisivat vahingoittua. Sitä ennen on käytettävä väliaikaisia pöytiä, tuoleja, yms.

Johdon jännite	Varoetäisyys metreinä (m)		
	avojohto		riippujohto
	alla	sivulla	
0,4 kV*	2*	2*	0,5**
20 kV	2	3	1,5
110 kV	3	5	-
220 kV	4	5	-
400 kV	5	5	-

1 kV = 1 000 V

* Pienjännitteiset 400 V (0,4 kV) avojohdot ovat nykyisin hyvin harvinaisia.

** Etäisyys koskee myös 1 000 V riippujohtoja.

Kuva 7. Sähköasemalla noudatettavia varoeräisyyksiä /8/

6.3 Käsikirjan käyttö

Käsikirjasta toimitetaan kopio sähköasematyömaalle jo rakentamisen alkuvaiheessa. Toivottavaa on, että urakoitsija lukee käsikirjan läpi ja tutustuu sen sisältöön ennen töiden alkua.

Käsikirjan lukemalla varsinkin uudet urakoitsijat saisivat perehdytyksen sähköasemaurakointiin. Urakoitsijan on myös helpompi löytää yksittäisiä asioita käsikirjasta, jos on aiemmin tutustunut kirjaan. Käsikirja tallennetaan myös ABB:n

omaan tietokantaan, jolloin ABB:n henkilökunta pystyy halutessaan etsimään erilaisia asennustapoja sekä hyödyntämään tietoja esim. suunnittelussa.

7 YHTEENVETO

7.1 Lopputulos – käsikirja

Lopputuloksena tätä opinnäytetyötä tehdessä syntyi myös melko kattava sähköasemaurakointia käsittelevä käsikirja. Käsikirjan toteutumiseen sekä opinnäytetyöhön voi olla tyytyväinen, sillä opinnäytetyöstä kertyi paljon arvokasta oppia myös liittyen sähköasemien standardeihin. Opinnäytetyön tekeminen oli haastava ja aikaa vievä prosessi. Opinnäytetyön eteneminen sujui kuitenkin aikataulun mukaisesti vaikka aluksi aikataulu tuntui tiukalta.

Aiempiin asennusohjeisiin verratessa uusi käsikirja tuntuu selkeältä ja hyvältä. Käsikirja tulee helpottamaan sähköasemaurakoitsijoita sähköasemien asennuksessa ja kyseiselle käsikirjalle tulee käyttöä. Lisäksi käsikirja projektin myötä saatiin kaikki aiemmin laaditut ohjeistukset sekä kokoneiden projektihenkilöiden tietotaito koottua yhteen dokumenttiin.

7.2 Käsikirjan tulevaisuus

Tulevaisuudessa käsikirjaa on tarkoitus kehittää ja päivittää aina, kun projekteja tehdessä huomataan uusia ja parempia asennustapoja tai jos standardeihin tulee muutoksia, jotka vaikuttavat käsikirjan sisältöön. Oikeanlaisella ylläpidolla käsikirja pysyy ajan tasalla ja on pysyvä ohjeistus sähköasemien asennuksissa.

Käsikirjasta on myös tarkoitus tehdä englanninkielinen käännös. Koska Suomen omat standardit pohjautuvat kansainvälisiin IEC-standardeihin, pystytään käännöksen avulla käsikirjaa hyödyntämään myös ulkomaantyömailla. Ulkomaisilla työmailla asennuslaadussa esiintyy useasti puutteita, joten niihin tarkoitettu asennusohje olisi erittäin hyödyllinen.

7.3 Ongelmakohdat

Ongelmakohdiksi muodostui asennuskirjan sisällysluettelon tekeminen yhtenäiseksi ja selkeäksi, sillä sähköasemalla on paljon yhtenäisiä asennustapoja, eikä käsikirjaan haluttu turhaa toistamista.

Toinen ongelma oli löytää selkeät ja hyvät valokuvat erilaisista asennustilanteista, joista urakoitsija saa selkeän kuvan miten asennukset tulee toteuttaa. Sähköasemilta on useita valokuvia, mutta esim. kaapeleiden vedosta kuvia oli todella huonosti.

Sähköalalla on paljon standardeja, jotka käsittelevät sähköalan tekemistä laajasti. Yksittäisten asioiden standardeissa asetetut vaatimukset oli joskus vaikea löytää.

7.4 Opinnäytetyöstä saadut henkilökohtaiset opit

Opinnäytetyö antoi paljon arvokasta oppia liittyen sähköasemiin ja sähköasemaurakointiin. Henkilökohtaista käytännön kokemusta sähköasematyömailla tehtävästä urakoinnista ei ollut, joten opinnäytetyön ja käsikirjan tekeminen antoivat hyvää tietoa sähköasemien asennuksiin liittyen. Opinnäytetyön tekeminen antoi myös hyvän mahdollisuuden tutustua Substations-yksikön aiempiin projekteihin.

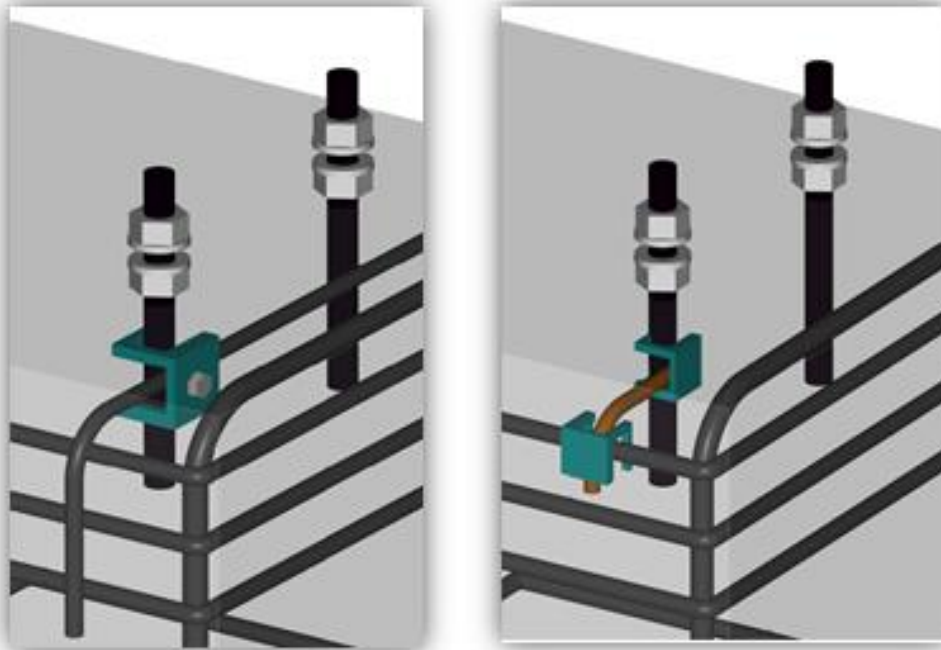
Opinnäytetyön tekeminen selvensi sähköasemien asennustapoja teoriatasolla ja antoi paremman kokonaiskuvan sähköasemista ja sähköasemakomponenteista. Standardien tutkiminen antoi paremman käsityksen sähköasemilla noudatettavista standardeista ja määräyksistä.

Käsikirjaa tehdessä opittuja tietoja pystyy käyttämään hyväksi tulevaisuudessa esimerkiksi suunnittelussa sekä erilaisia ongelmatilanteita ratkoessa.

LÄHTEET

- /1/ ABB – Substations. Viitattu 22.3.2015. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/substations>
- /2/ABB Suomessa. Viitattu 5.2.2015. <http://www.abb.fi/>
- /3/ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa. Viitattu 10.2.2015
- /4/D1-2009 – Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsija liitto STUL ry. Viitattu 30.3.2015
- /5/Fingrid Oyj – kantaverkon ABC. Viitattu 5.2.2015
<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC>
- /6/ Fingrid Oyj – suomen sähkövoimajärjestelmä. Viitattu 20.3.2015.
[http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelma/Suomen sähkövoimajärjestelmä](http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelma/Suomen_sahkovoimajarjestelma)
- /7/ Koski, J. 2012. Sähkölaitokset – Power Point – kalvosarja. Viitattu 5.2.2015
- /8/ Mansikkamäki, J. 2015. Sähköasemaurakoinnin käsikirja. Viitattu 5.2.2015
- /9/ SFS 6001 + A1 + A2. Kappale 1. Soveltamisala ja velvoittavat viittaukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /10/ SFS 6001 + A1 + A2. Kappale 9. Maadoitusjärjestelmät. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /11/SFS 6001 + A1+ A2. Kappale 3. Perusvaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /12/ SFS 6001 + A1+ A2. Kappale 5. Laitteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /13/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 4.3. Jännitteisten osien vähimmäisetäisyydet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /14/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 5.2.10. Johtimet ja varusteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /15/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 5.2.9. Kaapelit. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /16/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 6.5.3. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /17/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 7. Turvatoimenpiteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS. /18/SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 7.8. Tunnistaminen ja merkintä. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /19/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 8.2.2. Tasasähkösyöttö. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /20/ SFS 6001 + A1+ A2. Kohta 9.3 Maadoitusjärjestelmien rakenne. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /21/ SFS 6001 + A1+ A2. Liite F. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /22/ SFS 6001 + A1+ A2. Liite L. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /23/SFS 6002. Sähköturvallisuus. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /24/ SFS-EN 50272-2. Kohta 6.5.3. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- /25/ Suomen kantaverkon rakenne. Viitattu 26.3.2015.
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/verkon-rakenne>
- /26/ Supponen, J. 1987. Sähkönjakelu 52–170 kV Ulkokytkinlaitokset.
- /27/ Tieteen termipankki – rakennusurakka. Viitattu 5.2.2015
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Oikeustiede:rakennusurakka>

2.1.3 Ankkuripulttienmaadoitus



Kuva 5. Ankkuripulttiryhmien maadoitus

Ankkuripulttiryhmistä vähintään yksi ankkuripultti yhdistetään perustuksen betoniraudoitukseen ennen valua. Yhdistäminen voidaan tehdä hitsaamalla, tai käyttämällä erillistä liittintä. (Kuva 6. Liitin 1 ja 2) Jos raudoitus on vaikea yhdistää ankkuripulttiin yhdellä liittimellä esimerkiksi etäisyyksien vuoksi, tehdään yhdistysliitos jompittamalla ankkuripultti ja raudoitus yhteen erillisellä kirkkaalla kuparijohtimella, jolloin käytetään kahta erillistä liittintä. (Kuva 6. Liitin 3)



Kuva 6. Betoniraudoituksen maadoitusliittimiä.

