



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖASEMAN KESKIJÄNNITEKOJEISTON KÄYTTÖÖNOTTO

Tampereen Sähköverkko Oy:llä

Karoliina Laine

Opinnäytetyö
Joulukuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

LAINEN, KAROLIINA:
Sähköaseman keskijännitekojeiston käyttöönotto
Tampereen Sähköverkko Oy:llä

Opinnäytetyö 44 sivua, liitteitä 1 sivu
Joulukuu 2016

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sähköaseman 20 kV keskijännitekojeiston käyttöönottoa Tampereen Sähköverkko Oy:llä. Työssä käydään läpi tehtäviä, jotka liittyvät käyttöönottoon. Käyttöönoton sujuvuuden kannalta myös hyvä suunnittelu ja ennakkotyöt ovat tärkeitä. Myös näihin seikkoihin paneudutaan tässä työssä.

Opinnäytetyön aihe syntyi tekijän omista työtehtävistä ja pohdinnoista Tampereen Sähköverkko Oy:llä. Uusia sähköasemia ja kojeistoja rakennetaan Tampereella nopeaan tahtiin. Työssä keskitytään siihen, mitä Tampereen Sähköverkko Oy vaatii ja haluaa sähköasemakojeiston käyttöönotolta. Pohditaan, mikä on Tampereen Sähköverkko Oy:n oma rooli hankkeessa ja mitä vaaditaan keskijännitekojeiston toimittajalta.

Työn eri osa-alueita ovat sähköaseman 20 kV kojeiston hankinnan alkuvaihe, hieman rakennusvaihe ja varsinainen keskijännitekojeiston käyttöönotto. Esimerkkinä tässä työssä on Naistenlahden sähköasemaprojekti.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville pääpiirtein sekä rakennuttajan että toimittajan tehtävät Tampereen Sähköverkon sähköaseman keskijännitekojeiston käyttöönotossa. Nämä tehtävät ovat lueteltuna työn lopussa tiivistetysti. Tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää Tampereen Sähköverkko Oy:llä tarkemman käyttöönotto-ohjeistuksen tekemisessä.

ABSTRACT

Tampere Polytechnic
Electrical Engineering training program
Electrical Power Engineering

LAINEN, KAROLIINA:

The commissioning of the 20 kV medium voltage switchgear of substation on the Tampereen Sähköverkko Oy

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 1 pages
December 2016

This is a thesis about the commissioning of the 20 kV medium voltage switchgear of substation on the Tampereen Sähköverkko Oy. This study reviews the tasks that are associated with the commissioning. Good planning and preparation works before actual commissioning are very important, so that the switchgear runs fluently when introducing it. These are also the things this thesis emphasis on.

The theme of this thesis was developed based on the authors own jobs and the deliberations at the Tampereen Sähköverkko Oy. New substations and switchgears are continuously constructed in Tampere. This study focuses on the things that Tampereen Sähköverkko Oy requires and wants to accomplish by the commissioning of medium voltage switchgear. What is the own role of Tampereen Sähköverkko Oy in the project and what does it take from the contractor.

This study divides in to three phases: the early stage of switchgear acquisition, a little bits to the building work stages and last the actual commissioning. Substation project situated in the substation of Naistenlahti is the example in this thesis.

The result of this thesis is an abstract from where the outlining roles of developer as well as the deliverer in the commissioning of the medium voltage switchgear in substation of the Tampereen Sähköverkko Oy can be found.

Key words: medium voltage switchgear, commissioning, substation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PROJEKTIN ALOITUS.....	8
2.1	Tarjouskysely.....	8
2.1.1	Yhteisteknillinen määrittely	8
2.1.2	Hankekuvaus ja urakkaohjelma.....	9
2.1.3	Toimittajan valinta.....	10
2.2	Suunnitelmat	11
2.2.1	Kuvien kommentointi	11
2.2.2	SCADA signaalilista ja kuva.....	12
2.3	FAT	14
3	SÄHKÖASEMAN RAKENNUSVAIHE	16
3.1	Projektikokoukset.....	16
3.2	Rakennusvaiheet Naistenlahden projektissa.....	16
3.2.1	Rakennustyöt.....	17
3.2.2	Kojeiston asennus	18
3.2.3	Ala-aseman asennus ja tietoliikenne.....	19
3.2.4	Tasasähkökeskus	20
4	SÄHKÖASEMAN KESKIJÄNNITEKOJEISTON KÄYTTÖÖNOTTO.....	21
4.1	Standardin vaatimukset	21
4.2	Visuaalinen tarkastus.....	22
4.3	Kojeiston testaus	23
4.3.1	Johdotus	23
4.3.2	Mittamuuntajat	24
4.3.3	Mekaaniset ohjaukset.....	26
4.3.4	Lukitukset.....	27
4.3.5	Jännitetesti kiskostolle	27
4.3.6	Muut huomiot	28
4.4	Relekoestus.....	28
4.4.1	Relekonfiguraatio	29
4.4.2	Ylivirtasuojaus.....	31
4.4.3	Maasulkusuojaus	32
4.4.4	Valokaarisuojaus	33
4.5	Kaukokäytön signaalitesti	33
4.5.1	Kaukokäyttöverkon ala-asema	33
4.5.2	MicroSCADA.....	34
4.5.3	Reservijärjestelmä.....	36

4.6 Koekäyttö ja käyttöönottopöytäkirja.....	36
4.7 Käyttöönotto	37
5 KÄYTTÖÖNOTON JÄLKEEN.....	38
6 TIIVISTELMÄ KÄYTTÖÖNOTOSTA.....	40
6.1 Laitteiston toimittajan vastuut käyttöönotossa	40
6.2 Rakennuttajan (TSV) tehtävät käyttöönotossa	40
7 LOPPUSANAT.....	42
LÄHTEET.....	43
LIITTEET.....	44
Liite 1. Naistenlahden keskijännitekojeiston pääkaavio.....	44

LYHENTEET JA TERMIT

Automaattinen jälleenkytkentä	Verkon vioittuneeseen osaan liittyvän katkaisijan automaattinen kiinniohjaus ohimenevän vian poistamisen mahdollistavan jännitteettömän ajanjakson jälkeen.
FAT	Factory acceptance test, tehdastesti
Kauko-ohjaus	Ohjattavan kytkinlaitteen toiminnan ohjaus pisteestä, joka on etäällä ohjattavasta laitteesta.
Kennotermiinaali	Lähtökennon suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan tarkoitettu yksikkö, suojarele.
Kisko	Johdin ja siihen liittyvät liitokset, jatkokset ja eristävät tukirakenteet, jotka muodostavat yhteisen sähköisen liitännän piirien ja yksittäisten sähkölaitteiden välille.
Kojeistokenttä tai –kenno	Jokainen kokoomakiskoon liittyvä laitteistohaara kaikkine kojeineen.
Maasulku	Vika, joka aiheutuu jännitteisen johtimen kytkeytymisestä maahan tai sen ja maan välisen eristysresistanssin pienentymisestä alle määrätyn raja-arvon.
Paikallisohtaus	Ohjattavan kytkinlaitteen toiminnan ohjaus laitteessa tai lähellä sitä olevasta pisteestä.
REF630	Suojaus – ja ohjausyksikkö, kennotermiinaali
RTU	Remote Terminal Unit, kaukokäytön ala-asema
SCADA	Supervisory control and data acquisition, käytönvalvonta – ja ohjausjärjestelmä
Sähköasema	Määrättyyn paikkaan keskitetty sähköjärjestelmän osa, joka sisältää pääasiassa siirto- ja jakelujohtojen liitännöitä, kojeistoja ja rakenteita sekä mahdollisesti myös muuntajia. Sisältää myös turvallisuuteen ja valvontaan tarvittavia laitteita.
TSV	Tampereen Sähköverkko Oy
Valokaari	Fysikaalinen ilmiö, joka syntyy, kun kahden elektrodin välinen sähkökenttä nousee niin suureksi, että sähkövirta purkautuu sähköä heikosti johtavan materiaalin kuten ilman läpi.

(SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset, 2015)

1 JOHDANTO

Tampereen Sähköverkko Oy:llä (TSV) on 15 sähköasemaa, joista moni on käyttöikänsä päässä. Sähköaseman keskijännitekojeiston käyttöikä on noin 40 vuotta. Saneerauksia tehdään usealle asemalle 2010- ja 2020 – luvuilla. Lopputyön aihe syntyi ajatuksesta, että tarvittaisiin tiivistelmä, missä kerrottaisiin mitä sähköaseman käyttöönotto vaatii, erityisesti 20 kV kojeiston käyttöönotto. Tässä työssä paneudutaan keskijännitekojeiston käyttöönottotarkastukseen ja tehtäviin, mitkä liittyvät siihen jo ennen tarkastusta. Pääpaino on sähkölaitteiston suojauksessa ja automaatiassa, mikä liittyy suoraan koko sähkökojeiston oikeanlaiseen toimintaan. Lopputyössä tarkastellaan, mitä TSV vaatii käyttöönotolta sähköaseman toimittajalta ja miten TSV on itse mukana käyttöönottotarkastuksessa.

Esimerkkinä tässä työssä käytetään Naistenlahden sähköaseman saneerausta ja keskijännitekojeiston käyttöönottoa. Kyseisessä projektissa uusittiin kokonaan 20 kV keskijännitekojeisto, kaukokäytön ala-asema, hälytyskeskus ja osittain myös 110 kV ohjaus- ja suojausjärjestelmä. Lisäksi uusittiin päämuuntaja jäähdytysjärjestelmineen ja päämuuntaja-huoneen palonsammutusjärjestelmä. Tässä työssä perehdytään ainoastaan 20 kV keskijännitekojeiston käyttöönottoon liittyviin tehtäviin. Naistenlahden sähköasema sijaitsee luolassa Tampereen keskustan tuntumassa. Uutta varsinaista rakennusta ei projektissa tarvinnut rakentaa, sillä luolassa oli sopiva tila uudelle kojeistolle, mutta pieniä rakennustöitä saneeraus vaati.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään hieman jo ennen käyttöönottotarkastusta tehtäviä asioita ja suunnitelmia, jotka liittyvät olennaisesti keskijännitekojeiston käyttöönoton sujuvuuteen. Projektin alun suunnitelmat ja niiden kommentointi ovat olennaisen tärkeää hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Myös keskijännitekojeiston rakennus- ja kokoamisvaiheessa mukana oleminen helpottaa käyttöönottotarkastuksen tekijää, jotta kojeisto ja sen ominaisuudet ovat tuttuja.

2 PROJEKTIN ALOITUS

2.1 Tarjouskysely

Kun tarve uudelle sähköasemalle tai vanhan sähköaseman saneeraukselle tulee, TSV aloittaa tarjouspyyntöaineiston suunnittelun. Projektin alkuun saattamisessa on suunnittelijoilla kova työ, sillä pelkän urakoitsijoille lähetettävän tarjouspyynnön lisäksi on aineistoon kerättävä tarkat määritelmät kyseisestä projektista. Mitä tarkemmin projekti on määritelty yksityiskohtia myöden etukäteen, sitä vähemmän tulee teknillisiä ja taloudellisia yllätyksiä projektin edetessä.

Tarjouspyynnön lisäksi urakoitsijoille lähetetään liitteinä tarkempi hankekuvaus, urakkaohjelma ja yhteisteknilliset määrittelyt. Lisäksi aineistossa on muun muassa rakennustöistä, asennustöistä, suojauksista, kaukokäytöstä ja turvallisuussäännöistä tarkemmat kuvaukset. Projektista riippuen asiaan liittyvät pohjakuvat, pääkaaviot, piirustukset, signaalilistaukset ja laitetiedot pitää olla myös tarjouksessa esillä, jotta tarjoajat osaavat muodostaa oikeanlaisen kuvan projektin sisällöstä.

2.1.1 Yhteisteknillinen määrittely

Yhteisteknillinen määrittely on tärkeä osa jokaisen projektin tarjousvaihetta. Siinä on määriteltynä TSV:n tekniset vaatimukset laitteistolle. Määrittelyjen avulla halutaan taata tietty laatu ja turvallisuus esimerkiksi keskijännitekojeistolle. TSV haluaa, että valmistuksessa, asennuksessa ja koestuksessa noudatetaan Suomessa voimassaolevia määräyksiä, standardeja sekä EU-direktiivejä ja muita voimassaolevia sähkölaitteistoja koskevia teknillisiä ja turvallisuusvaatimuksia. Määrittelyssä selviää yleiset rakennevaatimukset, teknilliset erityisohjeet (johdotukset, maadoitusjärjestelmät ja kaapeloinnit) ja tiedot apusähköjärjestelmistä. Lisäksi yhteisteknillisessä määrittelyssä määritellään pienkojeiden, mittausten, ohjausten, asentotietojen ja suojauksien ominaisuudet. Valvonnan ja hälytysten toimintaperiaate selviää myös määrittelystä. Erottimien ja katkaisijavaunujen lukitusjärjestelmät ovat myös TSV:n määrittelyissä, sillä lukitusten tulee estää kaikki mahdolliset vaaraa ja vahinkoa tuottavat kytkentätoimenpiteet. Teknillisessä määrittelyssä

selvitetään myös, millaiset ohjaus-, mittaus- ja suojarelekaapit tulee olla ja miten muun muassa asennustyöt, merkinnät, nostot ja siirrot tehdään.

Koestuksista ja tarkastuksista on myös kohta tarjouspyyntömateriaalin mukana lähtevässä yhteisteknisessä määrittelyssä. Toimitettaville laitteille on suoritettava standardien mukaiset ja TSV:n erittelyssä vaaditut koestukset. Kaikista kokeista pitää rakennuttajalle (TSV) toimittaa pöytäkirjat. TSV vaatii erittelyssä, että urakoitsijan tulee tarkistaa kojeiston asennusten ja piirustusten sekä asiakirjojen vastaavuus ja korjata havaitut virheet. Johdotukset, jännitteiden ja virtojen napaisuudet sekä kojeiden ja piirien toiminta on tarkistettava luotettavalla tavalla. Ennen kojeisto-osien toimittamista on niille tehtävä sekä tehdaskoestukset (FAT), suurjännitekoe, KTM-päätösten mukaiset tarkastukset ja toimintakokeet. Rakennuttajan edustajalla on oikeus olla läsnä kaikissa koestuksissa.

Toimitukseen sisältyy TSV:n määrittelyn mukaan koko toimituksen täydellinen koestus niin, että rakennuttaja (TSV) voi ottaa sähköaseman kokonaisuudessaan käyttöön ilman omaa koestusta. Toimitusosuuden tultua asennettua ja kylmäkoestettua suoritetaan sen toiminnallinen koestaminen yhteistyössä rakennuttajan ja toimittajan osapuolien kanssa. 110 kV ja 20 kV kojeistojen koekäytöksi hyväksytään 24 h kestävä yhtäjaksoinen olemien käyttöjännitteisenä.

Lisäksi teknisessä määrittelyssä on vaatimuksia liittyen huoltopalveluihin, dokumentaatioon, työmaan jätehuoltoon ja työturvallisuuteen, kuljetuksiin ja koulutukseen.

(TSV/suunnittelu)

2.1.2 Hankekuvaus ja urakkaohjelma

Tarjousaineistossa on mukana hankekuvaus, jossa kerrotaan kyseisestä projektista tarkemmin. Siinä kuvataan projektin paikka ja laajuus yleisesti. Hankekuvauksesta selviää kohteen turvallisuus- ja laatuasioita liittyen projektista vastaaviin henkilöihin, työalueeseen, keskeytyksiin ja käyttötoimenpiteisiin, kokouksiin ja valvontaan. Hankekuvauksessa on kuvattuna myös esimerkiksi työjärjestys ja aikataulu.

Tässä työssä projektiesimerkkinä käytetty Naistenlahden sähköaseman muunnon ja 20 kV jakelun saneeraus oli hankekuvauksessa aikataulutettu taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Naistenlahden projektin aikataulu

Tehtävä	Ajoitus
Hankesuunnittelu	6/2015
Tarjoukset	8/2015
Hankintasopimus	10/2015
Suunnittelu	Aloitetaan heti sopimuksen teon jälkeen
Suunnitelmat valmiina ja hyväksytyinä	04/2016
Rakentamisen aloitus	viimeistään 05/2016 mennessä
Koko urakka valmiina käyttöönottavaksi	30.9.2016 mennessä
Urakan vastaanotto	30.11.2016 mennessä
Urakan loppudokumentit hyväksytysti valmiit	31.12.2016 mennessä

Hankekuvauksessa kuvataan myös tarkemmin, mitä sisältyy projektin rakennustöihin, suurjännitejärjestelmiin, maadoitusjärjestelmiin, ohjaus- ja suojausjärjestelmiin, oma-käyttö- ja apusähköjärjestelmiin ja irtaimistoon.

(TSV/suunnittelu)

Tarjousaineiston liitteenä oleva urakkaohjelma kuvaa tarkasti projektin eri vaiheita ja sopimus- ja vastuukysymyksiä. Ohjelmassa kuvataan urakan sisältöä, työn toteutusta, laadunvarmistusta, vastuita ja maksuvelvollisuutta. Myös mahdollisten erimielisyyksien sopiminen on kuvattuna tässä aineistossa. Urakkaohjelmassa on kuvattuna tarkasti ohjeet tarjouksen tekemiselle. Tämäkin on erittäin tärkeä sopimusasiakirja tarjouskyselyä varten.

(TSV/suunnittelu)

2.1.3 Toimittajan valinta

Rakennuttaja (TSV) valitsee määräpäivään mennessä tulleiden tarjousten perusteella toimittajan projektille. Tarjoukset pisteytetään ja eniten pisteitä saanut tarjous voittaa. Pisteisiin vaikuttaa urakan hinta, standardien mukaiset järjestelmät, suomenkielisten palvelujen ja ohjeistojen saatavuus ylläpidossa, elinkaarikustannukset 20 vuoden ajalta ja laajempi takuu.

Naistenlahden sähköaseman saneerauksen tarjouskilpailun vuonna 2015 voitti ABB Oy.

2.2 Suunnitelmat

Heti toimittajan valinnan jälkeen alkaa projektin tarkempi suunnittelu. Tiedossa on paikka, aikataulu, muutostöiden laajuus, kojeiston malli ja muut pääasiat. Rakennus- ja sähkökuvien piirtämisessä ja muissa projektiin liittyvissä tilaus- ja organisointiasioissa on kuitenkin suuri työ.

Naistenlahden projektissa ABB:n toimittama 20 kV kojeisto on malliltaan UniGear. UniGear on raskas metallikoteloitu kojeisto, joka on tarkoitettu asennettavaksi sisälle ja joka tarjoaa laajan valikoiman erilaisia kokoonpano- ja toimintaratkaisuja. UniGear-kojeistoa on saatavissa joko yksikiskoisena tai kaksikiskoisena ratkaisuna. Naistenlahden sähköaseman kojeisto on tyypiltään kaksikiskoinen.

(ABB, www.abb.com/product/)

Naistenlahden 20 kV kojeistossa on 16 lähtöä. Liitteenä 1 on pääkaavio, josta nähdään kojeiston rakenne tarkemmin.

2.2.1 Kuvien kommentointi

Projektin pääsuunnittelija alkaa heti projektin alussa suunnitella kojeiston ja suojauksien sähköisiä liitännöitä ja toimivuutta. Mekaniikkasuunnittelija puolestaan aloittaa rakennuksen tai muun vastaavan suunnittelun. TSV haluaa aina kaikki kuvat kommenteille. Sekä sähköasemasuunnittelijat, että käytöstä vastaavat henkilöt lukevat ja kommentoivat jokaisen kuvan. Kuvia on yhdessä projektissa satoja. Kommentointi vähentää suuresti rakennusvaiheen ja käyttöönoton ongelmia.

Kommentoitavaksi tulee sekä sähkökuvia, että esimerkiksi rakennuksiin liittyviä kuvia. Naistenlahden sähköasemaprojektin tapauksessa käytiin läpi muun muassa kojeiston alla olevan tason havainne-, leikkaus-, taso- ja linjakuvia. Myös kaapelitason kuvia käsiteltiin. Kuvia luolan lattiasta, katosta, kaapelihyllyistä ja kaapelireiteistä kommentoitiin myös. Kaikki pitää suunnitella etukäteen tarkasti. Rakennustyöselostus tutkitaan etukäteen. Tarkimmat tarkastelut vaativat sähköaseman sähkökuvat. Pääkaavio ja jokaisen lähdön piirikaaviot on käytävä tarkasti läpi. Suojauskaaviot, lukituskaaviot ja jokaisen kennon

piirikaaviot tutkitaan. Kaukokäyttökaapin ja viestilaitekaapin suunnitelmat ja kojeluettelot käydään läpi. Piirikaavioiden lisäksi suojareleiden konfiguraatiot pitää tutkia, jotta käyttöönotossa ei olisi niin paljon ihmeteltävää. Toimittaja on varmasti omien releittensä paras tuntija, mutta usein silti rakennuttajan suojareleasantuntijakin löytää konfiguraatioista pieniä asioita, mitä voisi tehdä toisin. Tai jos ei löydy parannettavaa, niin ainakin löytyy kysymyksiä. Kysymyksetkin ovat aina hyväksi.

Naistenlahden projektissa tehtiin myös muutostöitä 110 kV suojareleisiin. Näihin muutostöihin liittyvät purkupiirustukset ja uudet suunnitelmat tarkastettiin. Naistenlahteen tuli myös uusi päämuuntaja. Muuntajan asennuspiirustukset, rakennepiirustukset, mittapiirustukset, liitokset ja piirikaaviot piti käydä läpi ja kirjoittaa ylös mahdolliset kommentit. Muuntajaan liittyvät jäähdytinjärjestelmän kuvat kommentoitiin. Asemalla on myös paljon yleisiä kuvia, kuten maadoituspiirustuksia, työmaasuunnitelmia, kilpilistoja, tase- ja sähköjärjestelmien kuvia ynnä muuta sellaista.

Toimittaja suunnitteli ja piirsi Naistenlahden projektin kuvia noin puolen vuoden ajan. Kuvia ja suunnitelmia kommentoitiin sitä tahtia, mitä kuvia valmistui.

Kommentointi on aikaa vievää, mutta se on todettu monen projektin perusteella kannattavaksi. Vaikka suunnittelija olisi kuinka hyvä, on rakennuttajalla usein sellaista tietoa, mikä on hyvä tuoda heti alussa esille.

2.2.2 SCADA signaalilista ja kuva

Heti projektin alussa TSV:n kaukokäytöstä vastaavat henkilöt alkavat suunnitella uuden sähköaseman signaalilistaa. Kun uusi kojeisto, uudet suojareleet ja muut päälinjaukset ovat tiedossa, ryhdytään pohtimaan mitä mittauksia, ohjauksia, hälytyksiä ja muuta tietoa kaukokäyttöön halutaan tuoda. Jokainen haluttu tieto lisätään signaalilistaan. TSV:n kaukokäyttöjärjestelmänä on ABB:n MicroSCADA Pro. Signaalilistaa kootaan Exceliin ja vanhoista projekteista ja sähköasemista otetaan myös mallia. Signaaleista keskustellaan toimittajan edustajan kanssa. Jos uusista suojareleistä on mahdollista saada jotakin uutta tietoa ylös kaukokäyttöön, selvitetään, onko se meillä tarpeen. Kuvassa 1. nähdään pätkä signaalilistaa.

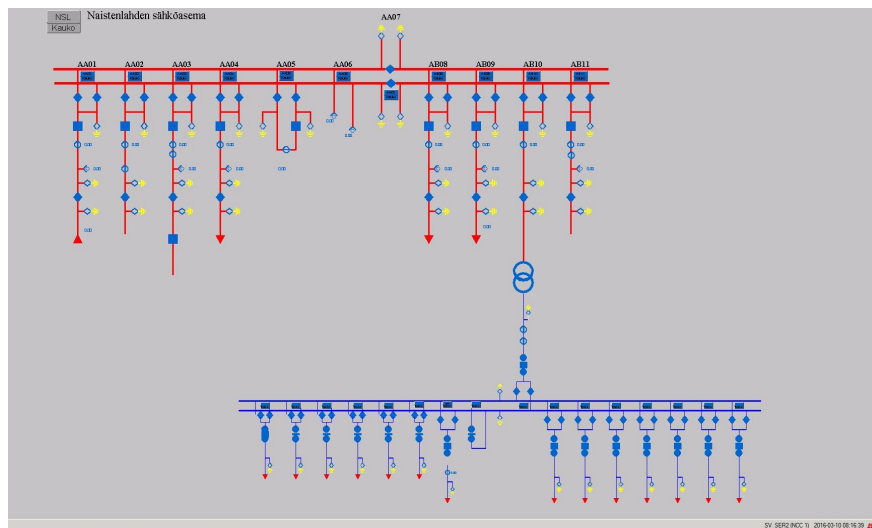
SÄHKÖLAITOS SÄHKÖVERKKO OY		Naistenlahti 20kV kojeisto															8511 Yhteensä	
Prosessikanta													Aseman osoite UN=83		command termination			
BI kanavan Normaali tila	NC/NO	LN	IX	OI					OX (30)	AC	AG	AD	LA	PT	IK	16777216	HUOM.	
SOAJA	INPUT	Tiedon tyyppi		(6)	(5)	(5)	(14)											
BE38 Muuntaja 7													Pisteitä yhteensä: 49		Seuraava vapaa osoite: 38046			
309	REF630	SPI	NO	NSLBE38	10	NSL	BE38		Muuntaja 7	Lähdön kauko-/paikalliskytkin	2	1	3	38000		Kauko=0, Paikallis=1		
310	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	10	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	Q0 Laukaisupirivika 1	2	1	3	38001				
311	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	11	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	Q0 Laukaisupirivika 2	2	1	3	38002				
312	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	12	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	Q0 Katkaisijan virtysvika	2	1	3	38003				
313	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	13	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	Automaatti avautunut	2	1	3	38004				
314	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	14	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	FCM1 Automaatti avautunut	2	1	3	38005		Tieto BE39 kennoterminaalien kautta		
315	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	15	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7	Virtapiirivika	2	1	3	38006				
316	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	16	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7		2	1	3	38007				
317	REF630	SPI	NO	NSLBE38AL1	17	NSL	BE38	AL1	Muuntaja 7		2	1	3	38008				
318	REF630	SPI	NO	NSLBE37AL1	14	NSL	BE37	AL1	Vara	FCM1 Automaatti avautunut	2	1	3	38009		Kennon BE37 kanta		
319	REF630	MFI		NSLBE38ME1	10	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Virtamittaus L1	9			38010				
320	REF630	MFI		NSLBE38ME1	11	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Virtamittaus L2	9			38011				
321	REF630	MFI		NSLBE38ME1	12	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Virtamittaus L3	2	10	9	38012				
322	REF630	MFI		NSLBE38ME1	13	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Nollavirtamittaus lo	9			38013				
323	REF630	MFI		NSLBE38ME1	20	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Päätöhomittaus P	9			38014				
324	REF630	MFI		NSLBE38ME1	21	NSL	BE38	ME1	Muuntaja 7	Loistehomittaus Q	9			38015				
325	REF630	DPI		NSLBE38Q0	10	NSL	BE38	Q0	Muuntaja 7	Katkaisijan tilatieto	1		15	12	38016			
326	REF630	DCO		NSLBE38Q0	13	NSL	BE38	Q0	Muuntaja 7	Katkaisijan ohjaus	2	10	9	12	38017	113 16815233		
327	REF630	DPI		NSLBE38Q1	10	NSL	BE38	Q1	Muuntaja 7	Erottimen tilatieto	2	20	9	12	38018			
328	REF630	DCO		NSLBE38Q1	13	NSL	BE38	Q1	Muuntaja 7	Erottimen ohjaus	5			38019	113 16815235			
329	REF630	DPI		NSLBE38Q2	10	NSL	BE38	Q2	Muuntaja 7	Erottimen tilatieto	2	20	9	12	38020			
330	REF630	DCO		NSLBE38Q2	13	NSL	BE38	Q2	Muuntaja 7	Erottimen ohjaus	5			38021	113 16815237			
331	REF630	DPI		NSLBE38Q5	30	NSL	BE38	Q5	Muuntaja 7	Vaunun tilatieto	2	20	9	12	38022			
332	REF630	DPI		NSLBE38Q9	10	NSL	BE38	Q9	Muuntaja 7	Maadotuserottimen tilatieto	2	10	9	12	38023			
333	REF630	DPI		NSLBE38Q92E	10	NSL	BE38	Q92E	Kisko 2	Maadotuserottimen tilatieto	2	10	9	12	38024			
334	REF630	MFI		NSLBE38RE1	2	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	Vikareaktanssi / mohm	9			38025				
335	REF630	MFI		NSLBE38RE1	3	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	REF630 Asetusryhmän tila	9			38026				
336	REF630	SCO		NSLBE38RE1	4	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	REF630 Asetusryhmän vaihto	5			38027	104 16815243			
337	REF630	MFI		NSLBE38RE1	15	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I> laukaisun vikavirta L1	9			38028				
338	REF630	MFI		NSLBE38RE1	16	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I>> Ylivirtasuojia havahtunut	9			38029				
339	REF630	MFI		NSLBE38RE1	17	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I> laukaisun vikavirta L2	9			38030				
340	REF630	MFI		NSLBE38RE1	106	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I> laukaisun vaihetieto	9			38031				
341	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	20	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I> Ylivirtasuojia havahtunut	3			38032				
342	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	21	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I> Ylivirtasuojia TOIMINUT	1	1	3	38033				
343	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	22	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I>> Ylivirtasuojia havahtunut	3			38034				
344	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	23	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I>>> Ylivirtasuojia TOIMINUT	1	1	3	38035				
345	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	24	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I>>> Ylivirtasuojia havahtunut	1	1	3	38036				
346	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	25	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	I>>>> Ylivirtasuojia TOIMINUT	1	1	3	38037				
347	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	30	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	MS> Maasulkusuoja havahtunut	3			38038				
348	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	31	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	MS> Maasulkusuoja TOIMINUT	1	1	3	38039				
349	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	32	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	MS> Maasuiku päätteellä hav	3			38040				
350	REF630	SPI	NO	NSLBE38RE1	33	NSL	BE38	RE1	Muuntaja 7	MS> Maasuiku päätteellä TOIM	1	1	3	38041				

Kuva 1. Signaalilista

Kun halutut signaalit tai suurin osa niistä on tiedossa, aletaan TSV:llä suunnitella tietokantaa uutta kaukokäyttökuva varten. Jokainen piste pitää luoda MicroSCADA:n tietokantaan ja jokaiselle pisteelle tulee antaa osoite.

Sähköasemalla olevat monitoimisuojat keskustelevat paikallisen ala-aseman kanssa ja ala-asema lähettää tiedot ylös kaukokäyttöön. Ala-asema konfiguraation tekee projekteissa aina toimittaja. Sen käyttöönotosta kerrotaan lisää myöhemmin.

Kun MicroSCADA:n tietokanta on luotu uuden sähköaseman osalta, aletaan piirtää kaukokäyttökuva. Kuvassa 2 nähdään Naistenlahden sähköaseman kuvan ensimmäisiä hahmotelmia. SCADA-kuvat piirretään TSV:llä itse ja ne ovat iso osa tulevaa sähköaseman käyttöönottoa.



Kuva 2. SCADA valvonta- ja ohjauskuvan hahmottelua

2.3 FAT

Toimitettaville kojeistoille ja laitteille järjestetään tehdaskoestukset FAT (Factory acceptance test). Tehdaskoestuksissa rakennuttajan edustajalla on oikeus olla läsnä. Ennen FAT-testien aloittamista rakennuttajan on pitänyt nähdä ja hyväksyä koeohjelma, saada riittävä dokumentaatio perehtymistä varten koestuskohteesta ja lisäksi rakennuttajalle on annettu koulutusta koestuksen kohteesta. Urakoitsija laatii koestuksesta pöytäkirjan, joka vahvistetaan molemminpuolisin allekirjoituksin ja toimitetaan rakennuttajalle.

Pöytäkirjasta, tulee selvitä poikkeamat, jotka jaetaan kolmeen luokkaan

- vähäisiin, jotka eivät estä asennuksia, eivätkä vaikuta käyttöönottoon
- sellaisiin, jotka tulee korjata ennen asennuksia ja käyttöönottoa
- vakaviin, jotka aiheuttavat koestuksen keskeyttämisen ja uusimisen.

Poikkeaman merkitys sovitaan koestuksen yhteydessä.

(TSV/suunnittelu)

Naistenlahden sähköasemaprojektin tehdastestejä järjestettiin Brnossa Tšekissä ja Vaasassa.

Brnossa on ABB:n keskijännitekojeiston tehdas, missä valmistettiin Naistenlahteen tuleva UniGear-kojeisto. Tehdastesti, missä TSV:n edustajat olivat paikalla, järjestettiin toukokuussa 2016. Testeissä käytiin läpi kojeiston ominaisuuksia ABB:n standardin mukaisesti. Keskijännitekojeistolle tehtiin visuaalinen tarkastus, missä tarkastettiin, että kojeisto oli tilauksen mukainen, eikä siinä ollut ulkoisia virheitä. Lisäksi kojeistolle tehtiin

mekaaninen ja toiminnallinen testi, eli ohjattavia osia ohjailtiin niin, että nähtiin niiden toimivan oikein. Tehdastestissä tehtiin myös kojeistolle jännitetesti, missä kojeiston kiskostolle syötettiin oikea jännite. Samalla testattiin mittaus- ja suojauspiirit tehtaantestiohjelman mukaisesti.

FAT-testeistä on apua tulevaan kojeiston käyttöönottoon, sillä mitä enemmän virheitä tai puutteita huomataan etukäteen, sen parempi. Tehdastestit myös lisäävät luottamusta ja yhteispeliä toimittajan ja asiakkaan kesken.

Naistenlahden UniGear -keskijännitekojeisto on samanlainen, kuin Tampereelle jo ennen hankitut Rautaharkon ja Nurmin sähköasemien kojeistot. Aikaisemmat hankinnat auttoivat sekä asiakasta, että toimittajaa uuden kojeiston tehdastestissäkin, sillä kaikilla oli paremmin tiedossa, mitä kojeistolta halutaan. Testeissä ei tullut huomautettavaa muusta, kuin muutamasta kojeiston kylttimekkinnästä. Kojeisto muuten oli tilauksen mukainen ja kaikki komponentit vaikuttivat olevan hyvässä kunnossa ja toimivan oikein.

Vaasassa puolestaan järjestettiin Naistenlahden projektiin liittyvät rele- ja ala-asemakaappien tehdastestit. Vaasassa valmistetaan muun muassa ABB:n suojarahleitä ja kommunikatiolaitteita. FAT -testissä käytiin läpi toimitettavat laitteet ja ohjelmistot. Kaukokäyttöön liittyvä ala-asema RTU 560, REF630, REF615, RET630, kytkimet ja kaapit tarkistettiin silmämääräisesti. Lisäksi suojarahleitä koestettiin pistokokein ja käytiin yhdessä niiden konfiguraatioita läpi. Kyseiset ohjausyksiköt ja suojarahleet ovat osa Naistenlahden projektia, mutta osa niistä tuli 110 kV puolelle, joten niiden käyttöönottoa ei tässä tutkielmassa käydä tarkemmin läpi. Tehdastesti oli hyödyllinen. Paikan päällä oli hyvä pohdiskella asetuksia ja konfiguraation ominaisuuksia yhdessä asiakkaan ja toimittajan kesken.

3 SÄHKÖASEMAN RAKENNUSVAIHE

3.1 Projektikokoukset

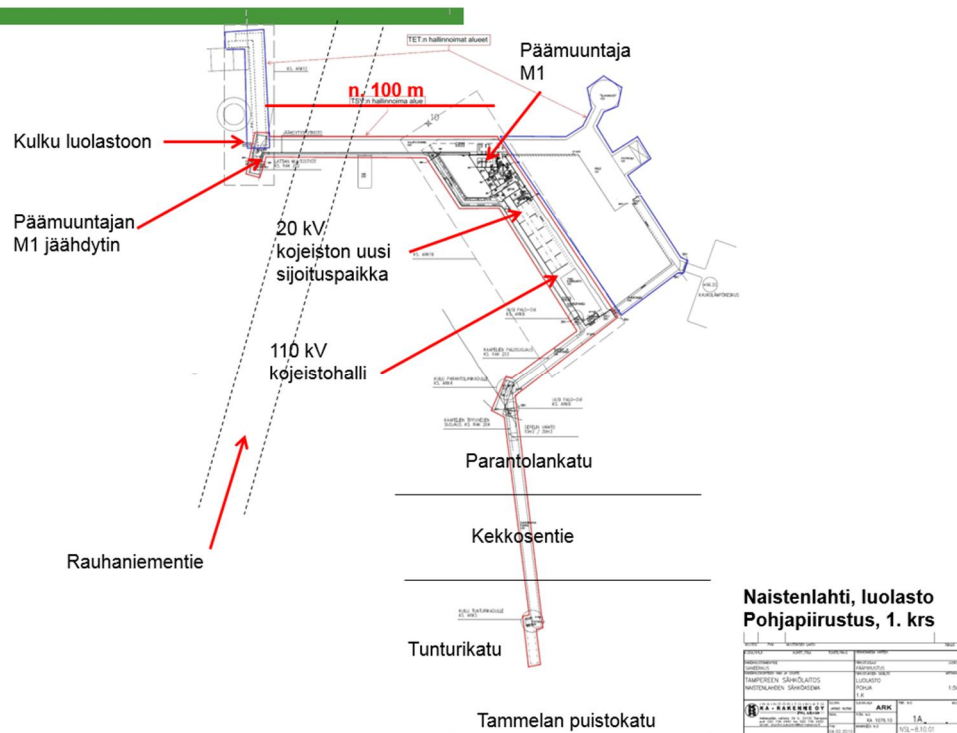
Koko sähköasemaprojektin ajan pidetään säännöllisesti projektikokouksia. Noin kuukauden välein järjestettäviin kokouksiin osallistuu sekä rakennuttajan (TSV) että urakoitsijan edustajia. Urakoitsijalta paikalla on yleensä projektipäällikkö ja suunnittelijat. Rakennuttajan puolelta paikalla ovat projektipäällikkö, suunnittelijat ja käytön edustajat. Lisäksi TSV on monessa projektissa tilannut Tampereen Tilakeskukselta rakennustöiden valvojan kommentoimaan ja valvomaan rakentamiseen liittyviä töitä.

Kokous aloitetaan monesti työmaakerroksella, missä tehdään havaintoja työn etenemisestä ja työturvallisuudesta. Itse kokous sujuu normaalien kokouskäytäntöjen mukaisesti. Asialistalla on muun muassa yhteystietoluettelon päivittäminen, työturvallisuus ja ympäristöasiat. Kokouksessa käydään rakentamiseen, suunnitteluun ja dokumentointiin liittyvät uudet asiat läpi. Aikataulu, alihankintasopimukset ja sähkölaitteistojen eri osakokonaisuudet ovat listalla. Lisäksi sekä rakennuttaja, että urakoitsija saa tuoda haluamansa aiheet kokouksessa esille. Jos asioista on epäselvyyttä tai erimielisyyksiä, projektipalaverissa tehdään päätökset, kuinka asioiden kanssa edetään.

Säännölliset projektipalaverit ovat hyödyllisiä tiedon vaihdon, päätösten ja hyvän yhteistyön kannalta.

3.2 Rakennusvaiheet Naistenlahden projektissa

Naistenlahden sähköasemasaneeraus oli hieman erilainen projekti, kuin useimmat TSV:n sähköasemaprojektit. Tämä siksi, että uutta sähköasemarakennusta ei tarvinnut rakentaa, koska kohde on vanhassa luolassa. Rakennustöitä oli kuitenkin jonkin verran. Aluksi isosta 110 kV koneiston luolahallista purettiin väliseiniä, jotta sinne päästiin rakentamaan uusi taso 20 kV kojeistolle.



Kuva 3. Naistenlahden luolastoa (Vanhatalo Pekka, 2016)

3.2.1 Rakennustyöt

Rakennustyöt alkoivat keväällä 2016. Luolastoon rakennettiin kuvan 4. mukainen taso uudelle 20 kV kojeistolle. Vanha 20 kV kojeisto sijaitsee luolaston eri osassa. Tasolle tehtiin myös katos, jotta luolaston katosta tihkuva vesi ei pääse tippumaan sähkölaitteistojen päälle.

ABB:n sähköurakoitsijana toimi Tampereen Sähkölaitos Oy:n tytäryhtiö Tampereen VERA Oy. VERA Oy:n aliuurakoitsijoina toimi rakennusurakoitsija Tampereen Tasorakennus Oy. Teräsrakenteet tulivat aliuurakoitsija MR-Steel Oy:ltä. Lisäksi projektissa oli mukana muuntajausinnan urakoitsijana Multirel Oy ja CO₂-sammutusjärjestelmän uusinnan urakoitsijana Mikro-Pulssi Oy.

Rakennustyöt etenivät aliuurakoitsijoiden toimesta aikataulussa.



Kuva 4. Uuden 20 kV kojeiston taso

3.2.2 Kojeston asennus

ABB:n 20 kV UniGear kojeisto saapui Tšekeistä toukokuussa 2016. VERA alkoi välittömästi asentamaan kojeistoa uudelle tasolle luolastoon.



Kuva 5. 20 kV kojeisto saapui Tampereelle

Vaikka kojeisto tulikin niin sanotusti valmiina paikan päälle, sen kokoamisessa oli kova työ. Kaikkien osien piti löytää oikea paikka. Sähköiset liitännät kennosta toiseen piti yhdistää, kojeistossa kulkevat kiskot ja kaapelitilat piti työstää valmiiksi ynnä muuta sellaista. Onneksi urakoitsijalla oli hyvä kokemus vastaavista töistä.

3.2.3 Ala-aseman asennus ja tietoliikenne

Kaukokäytön ala-asemaksi sähköasemalle valikoitui ABB:n RTU yksikkö. ABB:n kaukokäyttöhenkilö ohjelmoi ala-aseman TSV:n toimittaman signaalilistan pohjalta. Kaukokäyttökaappi pitää saada aina ensin kuntoon, ennen kuin käyttöönnotot voivat alkaa. RTU ohjelmoitiin alustavasti Vaasassa tehtaalla, ja se toimitettiin toukokuun 2016 aikana kaapineen Tampereelle. Kaukokäyttökaapissa on RTU:n lisäksi muun muassa hälytysyksikkö REF630, Ethernet-kytkin ja lisäksi lukuisia riviliittämiä, välireleitä ja suojakytkimiä.

Ala-aseman asennus sujui ilman suurempia ongelmia. Uuden kytkimen avulla se liitettiin TSV:n SCADA-verkkoon. Liittämisen jälkeen uusi ala-asema keskusteli pääyhteyden, valokuidun avulla SCADA-serverien kanssa. Koska signaalilistan perusteella oli tehty sähköaseman uudet pisteet SCADA tietokantaan, ja samaiset pisteet olivat myös ohjelmoitu ala-asemaan, yhteys kaukokäyttöön oli valmis.

Yleisesti TSV:n kaukokäyttöverkosta mainittakoon, että jokaiselle sähköverkon sähköasemalle menee kaukokäytön pääyhteytenä valokuitu ja varayhteytenä kupariyhteys tai GSM-yhteys. Varayhteys on tarkoitettu tilanteisiin, missä pääyhteys syystä tai toisesta katkeaa. SCADA-järjestelmän lisäksi on erillinen kaukokäytön reservijärjestelmä, johon tuodaan kupariverkon avulla vain kaksi oleellista tietoa sähköasemalta.

Naistenlahden projektissa tietoliikenneyhteydet olivat ennestään valmiina, mutta sekä kuitu-, että kupariyhteys piti kääntää uuteen kaappiin ja uuteen ala-asemaan. Tämä kääntö ja työjärjestys olivat projektissa TSV:n kaukokäyttöhenkilöstön vastuulla. Aliurakoitsija oli johdottanut tarvittavat johdot kaappien välille valmiiksi, mutta TSV:n henkilökunta teki muutokset kaappeihin ja ristikytkentään.

Myös reservilaite Mikroli kytkettiin uuteen kaukokäyttökaappiin. Hälytykset siirrettiin vanhasta läppätaulusta vähitellen uuteen hälytysyksikköön REF630. Hälytysyksikön kautta pari tärkeää hälytystä saadaan tarvittaessa siirrettyä reservihälytysjärjestelmän avulla ylös käyttökeskukseen. Tämä reservijärjestelmä on suunniteltu ala-aseman rikkoutumisen varalta. Tällöin pääkaukokäyttöjärjestelmä ei enää asemalle toimisi.

3.2.4 Tasasähkökeskus

Tampereen Sähköverkon sähköasemilla on käytössä 110 VDC apujännite. Tällä jännitteellä toimivat kaikki sähköaseman sisäiset laitteet, kuten suojareleet. Jos laitteet vaativat jonkin muun apujännitteen, kuten 48 VDC, jännitetaso muutetaan muuntimilla.

Tasasähköjärjestelmä on kriittinen sähköaseman turvallisuuden kannalta. Siksi se on varmennettu akustolla.

Naistenlahden projektissa myös tasasähkökeskukset ja akustot uusittiin, mikä tietysti teetti myös työtä asennuksen, johtovetojen ja käyttöönottestauksen muodossa.

4 SÄHKÖASEMAN KESKIJÄNNITEKOJEISTON KÄYTTÖNOTTO

4.1 Standardin vaatimukset

Tarkastuksilla ja testeillä varmistetaan siitä, että asennukset täyttävät standardin SFS 6001 ja asiaankuuluvien laitestandardien vaatimukset.

Standardissa sanotaan, että toimittaja ja käyttäjä sopivat keskenään tarkastusten ja testauksien laajuudesta, sovellettavista spesifikaatioista ja luovutettavan dokumentaation laadusta ja laajuudesta. Vaatimusten mukaisuus voidaan todentaa silmämääräisin tarkastuksin, käyttökokein ja mittauksin.

Laitteiston eri osien tarkastukset voidaan suorittaa laitteiston toimituksen jälkeen tai sitten kun laitteisto on valmis. Tyypillisiä suoritettavia tehtäviä ovat esimerkiksi

- laitteiden ominaisuuksien tarkastus käyttöolosuhteet huomioon ottaen
- jännitteisten osien välisten sekä jännitteisten osien ja maan välisten etäisyyksien tarkastus
- kojeiston käyttötaajuinen jännitekoe
- kaapeleiden jännitekoe
- suojuksien korkeusmittojen ja vaadittujen etäisyyksien tarkastus
- sähkölaitteiden ja laitteiston osien silmämääräiset tarkastukset ja käyttökokeet
- suojaus-, valvonta-, mittaus- ja ohjauslaitteiden käyttökokeet
- merkintöjen, turvakilpien ja turvalaitteiden tarkastus
- rakennusten ja kotelointien paloluokituksen tarkastus
- hätäuloskäyntien toimivuus
- maadoitusjärjestelmän tarkastus.

Testejä tehdään yleensä laitteiston eri osille toimituksen eri vaiheissa. Testausten laajuudesta, testausoloista ja testaushenkilöstöstä on sovittava. Tähän voi liittyä tilaajan puolelta tulevien suoritteiden, henkilöstön ynnä muun sellaisen määrittäminen.

Asentamisen ja käyttöönoton aikaisten testien vaatimuksista ja sovellettavista testausstandardeista tilaaja ja toimittaja sopivat keskenään. Myös testilaitteista ja aikataulusta on sovittava tilaajan ja toimittajan kesken. Käyttökokeilla voidaan tarvittaessa varmistua siitä, että laitteet täyttävät asetetut vaatimukset.

Koekäyttö suoritetaan, jos siitä on sovittu tilaajan ja toimittajan kesken. Koekäytön tarkoituksena on todentaa suurjännitelaitteiston toiminnalliset ominaisuudet. Sen vuoksi kaikkien oleellisten laitteisto-osien tulisi olla toiminnassa koekäytön aikana.

Sopimuksessa määritellään ne tapaukset, joissa merkittävän laitteisto-osan vikaantuminen aiheuttaa koekäytön keskeyttämisen. Tilaaja voi myös sallia vaatimuksista poikkeamisen lyhytaikaisissa vikatapauksissa, esimerkiksi pidentämällä koekäyttöaika. Jo tarjouskyselyssä tulisi määrittää koekäytön hyväksymiskriteerit.

(SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset, 2015)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (5.7.1996/517) sanotaan, että sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönototarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslaissa (410/96) tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

Käyttöönototarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. Tarkastuspöytäkirjasta tulee ilmetä kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja.

(5.7.1996/517)

4.2 Visuaalinen tarkastus

Käyttöönotto aloitetaan yleensä paikan päällä yleissilmäyksellä. Kaikki puutteet ja huomiot kirjataan ylös ja niihin puututaan heti tai myöhemmin. Keskijännitekojeistohan on jo testattu tehtaalla aikaisemmin, mutta tutkimalla sitä paikan päällä, saattaa huomata esimerkiksi kuljetuksen aikana tulleita kolhuja tms. Myös yleinen kaappien siisteys laitetaan merkille. Tarkistetaan myös, onko tarvittavat kilvet ja tekstit kojeistossa. TSV:llä ollaan tarkkoja asioiden merkitsemisestä. Mitään ei tarvitse joutua olettamaan tai arvaamaan kytkentätöitä tehdessä, vaan pitää olla varma mitä tekee. Kilpimerkinnet auttavat estämään erehtymisen vaaran.

Naistenlahden sähköasemaprojektissa vastuu käyttöönotosta kuuluu toimittajalle, mutta käyttöönototarkastus tehdään yhteistyössä rakennuttajan (TSV) edustajan kanssa.

Toimittajan tulee tarkistaa kojeiston asennusten ja piirustusten sekä asiakirjojen vastavuus ja korjata havaitut virheet. Laitteiden ja kojeiden tulee olla nimellisarvoiltaan suunnitelmien mukaiset ja vastata kojeluetteloita. Visuaalista tarkastusta tehdessä molemmat osapuolet tekevät havaintoja ja keskustelevat keskenään. Näin lopputuloksesta saadaan hyvä ja toimiva.

4.3 Kojeiston testaus

Periaate on, että toimittaja/urakoitsija testaa kojeistoa keskustellen samalla rakennuttajan kanssa. Samaan aikaan rakennuttajan edustajat tekevät omia testejänsä ja tutkimuksiaan kojeistoon, jotta kojeistosta tulisi tuttu ja kaikki mahdolliset virheet ja käyttöongelmat löytyisivät viimeistään käyttöönottilanteessa. Mitä paremmin suunnittelutyö ja asennustyö on tehty, sitä vähemmän käyttöönotossa luonnollisesti löytyy ongelmia. Siksi etukäteissuunnitteluun kannattaa käyttää paljon aikaa.

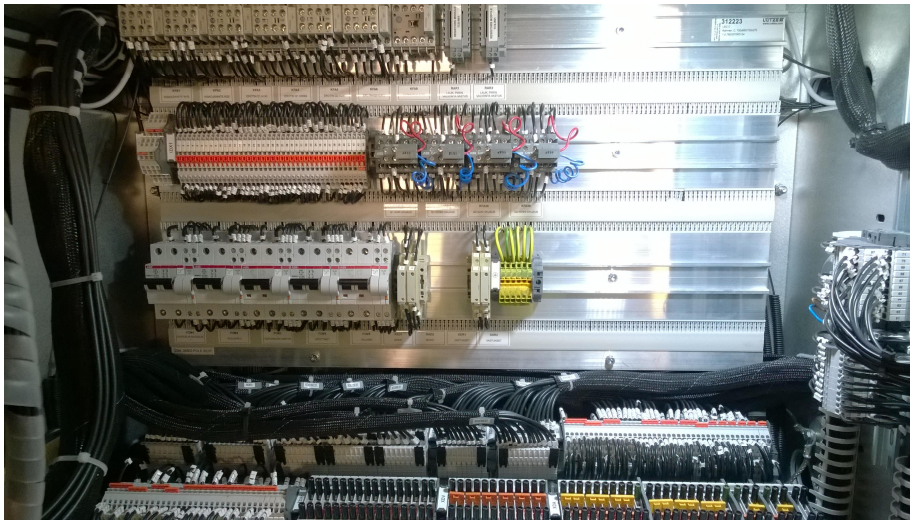
Vaikka toimittajan edustaja tutkii suojauspiirit ja tarkistaa niiden oikeellisuuden, myös rakennuttajan edustajat perehtyvät aiheeseen. TSV haluaa varmistua, että suojaukset toimivat varmasti oikein. Tämän takia myös TSV testaa ja koestaa vähintään yhden johtolähdön toiminnan perusteellisesti.

4.3.1 Johdotus

Kojeiston ja relesuojauksen muodostamassa kokonaisuudessa tarvitaan luonnollisesti komponenttien välisiä johdotuksia. Asennustyöt ja johdotukset tehdään suunnitelmien mukaan. Asennusryhmä jättää kaappien liittimet auki. Johdotusten oikeellisuus ja sähköiset yhteydet tarkastetaan mittarilla tai muulla tavalla. Vasta tämän jälkeen sähköinen yhteys muodostetaan eri laitteiden välille. Yhtäkään liittintä ei laiteta kiinni ilman että tiedetään mihin asiakokonaisuuteen se liittyy.

Relekaapin eri laitteille ei kytketä apusähköjä (110 VDC) ennen kuin johdotus on tarkastettu ja todettu että laite saa oikean toimintajännitteen. Myös virtapiirien vaihejärjestys on tarkastettava.

Käyttöönnotossa johdotuksen tarkastaminen kuuluu toimittajalle. Kuvassa 6 nähdään UniGear-kojeiston yhden kennon kaapin sisältö. Johdotukset ovat selkeitä ja ne on merkitty hyvin. Tämä auttaa tarkastusta. Myös muut komponentit, kuten johdonsuoja-automaatit on merkitty tekstein.



Kuva 6. Keski-jännitekojeiston kennon johdotuskaappi

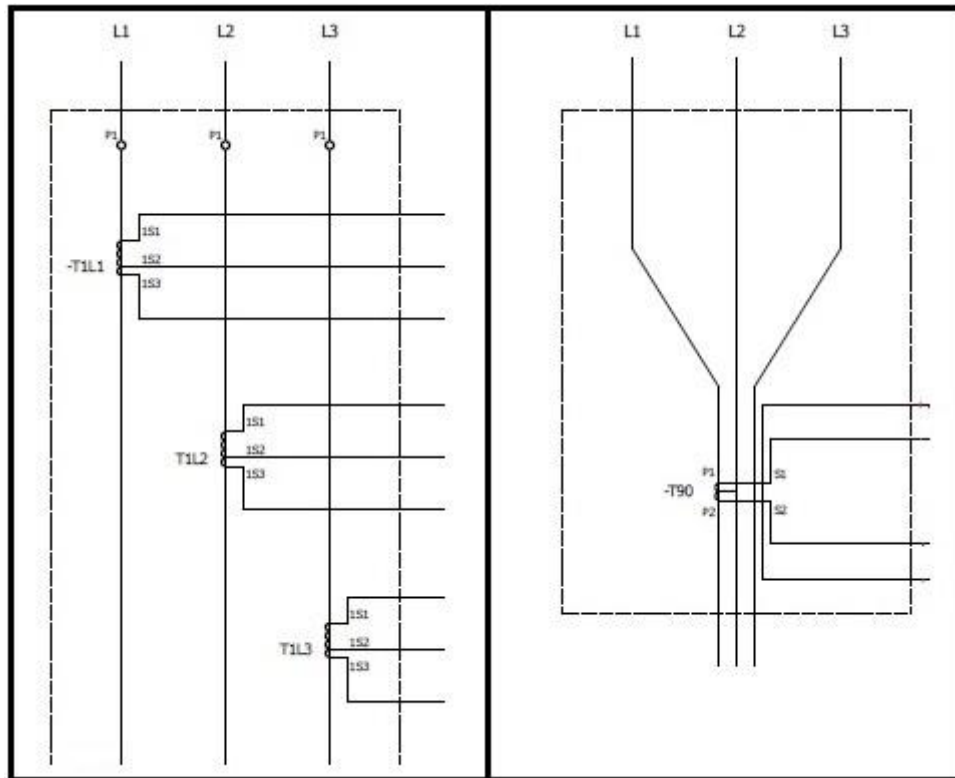
4.3.2 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat olennainen osa suojausjärjestelmää. Releet liittyvät verkon ensiöpuoleen mittamuuntajien välityksellä.

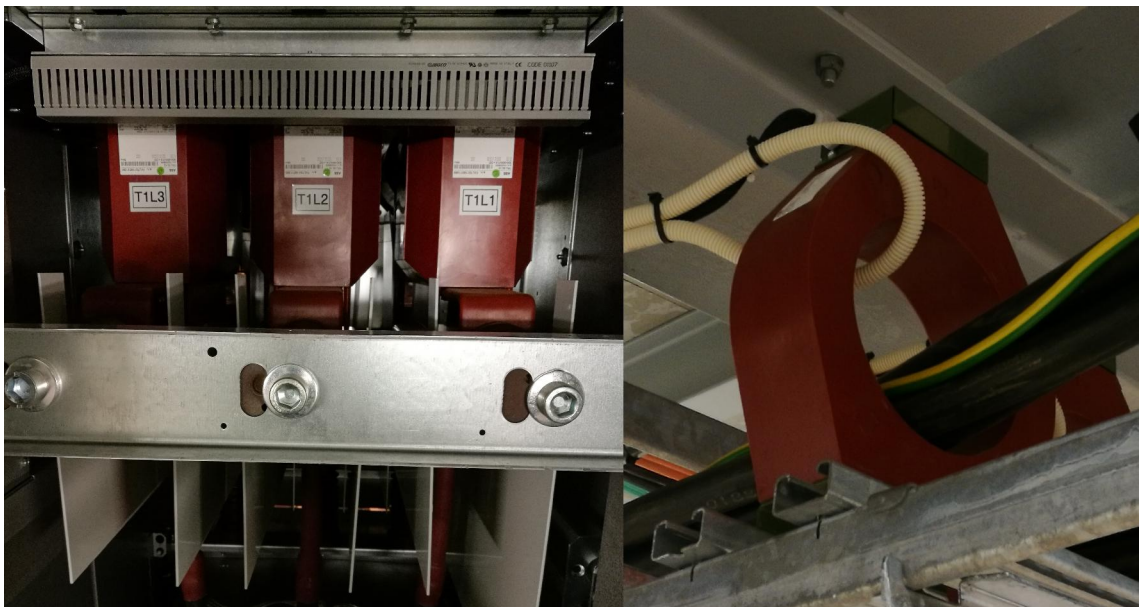
Käyttöönnoton alkuvaiheissa toimittajan edustaja mittaa, että mittamuuntajien muuntosuhde ja napaisuus ovat oikein. Suojareleet on oltava kytkettynä oikealle mittamuuntajasydämelle. Myös vaihejärjestys on tärkeää tarkastaa.

Kuvasta 7 nähdään virta- ja kaapelivirtamuuntajan periaate. Virtamuuntajilta lähtevät johdotukset (jotka eivät kyseisessä kuvassa näy) kulkeutuvat suojareleelle kennon liittimien kautta. On erittäin tärkeää suojauksen kannalta, että asennukset on tehty suunnitelman mukaan ja virtamuuntajien suunnat ovat oikein.

Kuvassa 8 puolestaan nähdään virta- ja kaapelivirtamuuntaja Naistenlahden sähköaseman 20 kV kojeiston eräässä kennossa.



Kuva 7. 20 kV kojeiston lähdön virtamuuntajat ja kaapelivirtamuuntaja

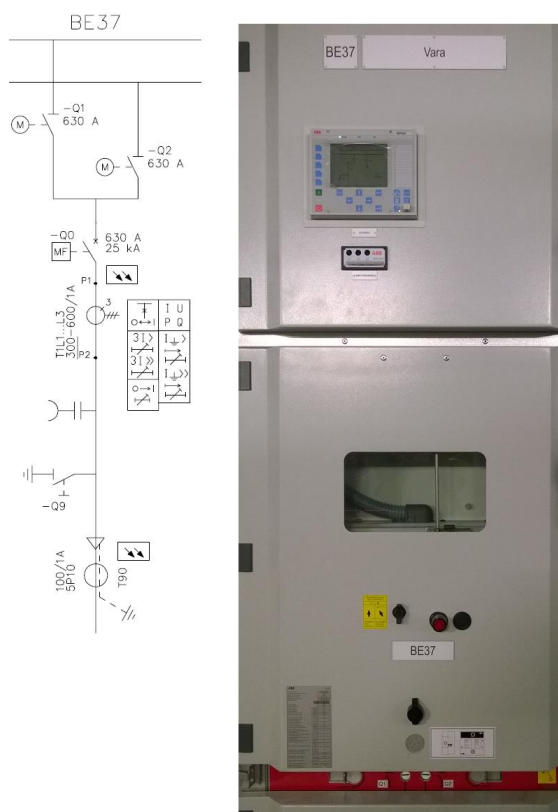


Kuva 8. Virtamuuntajat ja kaapelivirtamuuntaja todellisessa ympäristössä

4.3.3 Mekaaniset ohjaukset

Käyttöönoton yhteydessä ohjaillaan kaikkia kytkinlaitteita. Kojeiston ollessa vielä jännitteetön, on turvallista toistaa ohjauksia mekaanisesti, jotta kaikki mahdolliset viat tulisivat esille. Erottimia, katkaisijavaunua ja katkaisijaa on siis hyvä ohjailla edestakaisin. Samalla tulee hyvä tuntuma niiden käytöstä.

Naistenlahden projektissa ohjattiin useaan kertaan UniGear-kojeiston kiskoerotimia Q1 ja Q2, katkaisijavaunuja Q5, katkaisijoita Q0 ja maadoituserotimia Q9. Ohjauksia tehtiin sekä paikallisesti käsin veivaten ja releestä ohjaten, että kaukokäytöllä SCADA-käytönvalvontajärjestelmästä. Kiskoerotimet ja katkaisijat ovat joka kennossa kauko-ohjattavia. Testeissä ilmeni, että kiskoerotimia ei tulisikaan ohjata käsin, koska ne eivät asetu silloin ohjauksen jälkeen kunnolla loppuasentoonsa. Käsiohjaus on syytä tehdä vain hätätilanteissa. Tämän kaltaisista tilanteista keskustellaan aina ja annetaan mahdollisesti palautetta toimittajalle.



Kuva 9. Kennon ohjaukset

Kuvassa 9 nähdään kennon piirikaavio ja vieressä kenno todellisuudessa. Kojeiston toimittaja testaa ohjauksia sekä manuaalisesti että releestä ohjaten. TSV:n edustaja testaa

ohjaukset kaukokäyttöjärjestelmästä, koska vastaa siitä puolesta. Päällekkäisillä testeillä taataan, että ongelmatapaukset löytyvät viimeistään tässä käyttöönotossa.

4.3.4 Lukitukset

Keskijännitekojeistossa on mekaanisia lukituksia erottimien välillä, jotka estävät tietyt ohjaukset. Lukitusten tehtävä on suojata käyttäjää vääriltä toimenpiteiltä ja näin estää vaaralliset ja turvattomat tilanteet.

Sähköiset ja mekaaniset lukitukset pitää toimia kojeistossa oikein ja tämä on testattava. Esimerkiksi kiskoerotin Q1 saa olla ohjattavissa vain, jos kiskoerotin Q2 on auki, katkaisija Q0 on auki ja kiskomaadoituserotin Q91E on auki tai jos kiskoerotin Q2 on kiinni ja kiskokatkaisijan vaunu Q5 ja katkaisija Q0 ovat kiinni.

Toimittajan edustaja käy kaikki lukitukset läpi yrittäen ohjata jokaista erotinta ja katkaisijaa erilaisissa tilanteissa. Myös rakennuttajan edustaja tekee satunnaisia testejä lukitusten suhteen.

Kojeiston sähköiset ja mekaaniset lukitukset on kopioitu myös kaukokäyttöjärjestelmään. Jos käyttäjä yrittää ohjata kaukokäytöllä jotakin kohdetta väärin, tulee käyttäjälle ilmoitus, että lukitus estää ohjauksen.

4.3.5 Jännitetesti kiskostolle

TSV:n vaatimuksesta kojeistolle tehdään jännitekoe ennen 24 h koekäyttöä. Näin halutaan varmistua, että kiskoilla ei ole oikosulkua. Jännitekoe on tehty jo tehtaalla, mutta varmuuden vuoksi se tehdään myös lopullisessa paikassaan.

Toimittaja ABB teki tämän Naistenlahden projektissa syöttämällä kokoojakiskoille jännitettä ”väärin päin” jännitemuuntajalla yksi vaihe kerrallaan. Testi tehtiin Sverkelkoestuslaitteella. Kiskot testattiin syöttämällä noin 57 V jännitettä toisiosta. Näin saatiin kiskoille noin 10-11 kV jännite. Kiskoilla ei ilmennyt oikosulkua, jännitetesti onnistui.

4.3.6 Muut huomiot

Käyttöönottotarkastuksessa tulee kiinnittää huomio turvallisuuteen. Jännitteiset osat pitää olla kosketussuojattu jo standardinkin mukaan. Jos tässä asiassa ilmenee poikkeamia, asia on heti kirjattava ylös ja korjattava ennen käyttöönottoa.

Keskijännitekojeiston kennot ja laitteet on oltava maadoitettu suunnitelmien mukaisesti.

4.4 Relekoestus

Releiden testaaminen on erittäin tärkeä osa käyttöönottoa. Releet ovat mittalaitteiden kaltaisia laitteita, jotka tarkkailevat verkon sähköisiä suureita ja pystyvät havaitsemaan verkon epänormaalit tilat kuten ylikuormituksen tai eristyksen pettämissen. Releiden sijasta voisi puhua paremminkin releyksiköstä tai kennoterminaalista, sillä nykyaikainen rele on kokonaisuus, mikä huolehtii monista suojausfunktioista. Lisäksi suojarele toimii tiedonkeruuyksikkönä, sillä se vastaanottaa ohjaus- ja asettelutietoja ja siltä voidaan lukea mitaus-, tila- ja asetteluarvoja. Releet ohjelmoidaan ja arvot asetellaan sopiviksi. Asetteluarvojen ylitys tarkoittaa epänormaalia tilaa, jolloin rele antaa ohjauskäskyn katkaisijalle viallisen osan irrottamiseksi terveestä sähköverkosta. Koestuksessa syötetään releille tarkoituksella sellaisia virtoja ja jännitteitä, joilla rele saadaan reagoimaan. Näin varmistetaan, että todellisen vian tullen suojaus toimii oikein. Tämä tarkoittaa, että toiminnan on oltava selektiivistä ja sen on tapahduttava riittävän nopeasti, jotta vaarat, vauriot ja häiriöt jäävät kohtuullisiksi ja verkko säilyy stabiilina. Suojauksen tulee kattaa aukottomasti koko suojattava järjestelmä.

Releen aiheeton toiminta tai vian havaitsemattomuus voi johtaa vakaviinkin seurauksiin: sähkön laatu heikkenee, omaisuusvahinkoja tai laitevaurioita syntyy tai ihmisiä ja eläimiä joutuu vaaralle alttiiksi.

(Mörsky Jorma, K.1993)

Naistenlahden projektissa 20 kV kojeistoon valikoitui ABB:n suojarele REF630. Johtolähtöterminaali REF630 on monipuolinen suojarele, josta TSV ottaa käyttöön ylivirtasuojauksen kaksi ensimmäistä porrasta, maasulkusuojauksen sekä lähtevällä linjalla että päätteellä ja katkeilevan maasulkusuojauksen. TSV saa kojeistosta REF630:en avulla myös muita ominaisuuksia, kuten virta- ja tehomittauksia, komponenttien tilatietoja ja ohjauksia ja erilaisia hälytystietoja.

Releet eivät yksin pysty suoriutumaan suojaustehtävistä, vaan ne tarvitsevat avukseen muitakin komponentteja, kuten mittamuuntajia, katkaisijoita, apuenergiälähteitä ja mitaus-, laukaisu- ja tiedonsiirtoyhteyksiä. Tämän vuoksi relekoestuksessa selviää monen muunkin laitteen toimivuus.

Naistenlahden projektissa, niin kuin muissakin TSV:n sähköasemahankkeissa, suojarleiden koestusvastuu kuului toimittajalle/urakoitsijalle. Yhteistyötä kuitenkin tehtiin puolin ja toisin. Koestuspaikalla olivat paikalla paljon myös TSV:n edustajat, koska he tekivät puolestaan signaalitestin SCADA:an. Lisäksi he testailivat haluamiaan kohteita kojeistosta, koska uutena ja jännitteettömänä se oli helppoa. Ainakin yhden kentän TSV:n edustajatkin koestivat täydellisesti itse, jotta käyttöönotossa huomattaisiin kaikki mahdolliset epäkohdat. Koestuslaitteena sekä rakennuttaja, että toimittaja käyttivät Omicron-laitetta.

Naistenlahden projektissa TSV löysi sekä signaalitestissä, että tarkemmassa koestuksessa monia virheitä tai parannettavaa. Siksi koemme, että rakennuttajan tekemä lisättestaus ei ole turhaa. Signaalitestistä lisää kappaleessa 4.5.

Toimittajan kojeiston testauksen ja koestuksien jälkeen TSV:n edustajat huomasivat muun muassa, että releet kävivät väärällä aikavyöhykkeellä, virtamittauksissa ja nollavirtamittauksissa oli säädettävää ja maasulkusuojien nollajänniteasetus oli väärä. Lisäksi maasulun koestuslanka meni väärinpäin kaapelivirtamuuntajasta osassa kennoista. Eräässä kennossa vasta-aseman lukitukset olivat tehty väärin sulkeutuvalla koskettimella. Yksittäisiä eräiden kennojen virheitä olivat myös seuraavat: Asetusryhmän vaihto puuttui releen IEC61850 määrittelyistä, ylivirran I>> portaan asetus oli väärin ja harmonisen lukitus ei ollut käytössä eräässä kennossa, jossa sen olisi pitänyt olla.

4.4.1 Relekonfiguraatio

Suojarelekonfiguraatio on releen äly ja toiminnallisuus. Suojareleiden konfiguraation tekee urakan toimittaja, mutta konfiguraatiot ovat käyneet kommenteilla rakennuttajan edustajilla suunnitteluvaiheessa. REF630 ohjaustermiinaali on osa ABB:n Relion tuoteperhettä. Releen konfiguraatiota muokataan ABB:n omalla PCM600 – ohjelmistolla. Sillä pääsee käsiksi releen logiikan eri osa-alueisiin, aplikaatioon, asetuksiin, signaaleihin,

näyttöön, häiriötallentimeen, tapahtumiin jne. Applikaation konfiguraation on oltava oikein ja siellä on oltava oikeat toimintalohkot, jotta suoja-rele voi toimia oikein. Asetuksista puolestaan säädetään toimintojen toimintarajoja yms.

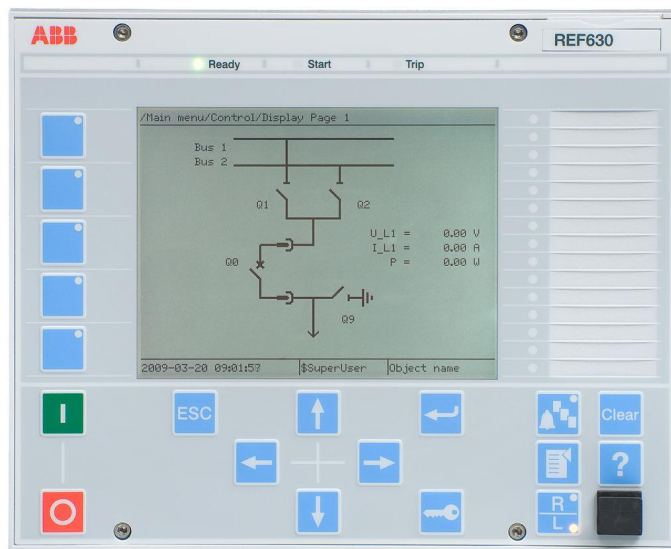
PCM600-ohjelman lisäksi asetuksia pääsee tarkastelemaan ja muuttamaan web HMI –liitynnällä.

Käyttöönnotossa joudutaan usein palaamaan suoja-releen konfiguraatioon. Jos testeissä havaitaan, että ongelma jää releeseen (eikä esimerkiksi johdotukseen, ala-asemaan tai kaukokäyttöjärjestelmään), niin tutkitaan, johtuuko vika releen logiikasta tai asetuksista. TSV:n projekteissa konfiguraation oikeellisuus on toimittajan vastuulla, mutta toki yhdessäkin pohditaan ongelmien syitä.

Naistenlahden projektissa relekonfiguraatioon palattiin useasti. Useimmiten jonkin asian toimimattomuus johtui konfiguraatiosta. Esimerkiksi edellisessä kohdassa kerrotut TSV:n löytämät puutteet aiheutuivat pääosin relekonfiguraation virheellisyydestä tai asetusten hienosäädöstä. Toimittaja on velvollinen päävastuunsa takia korjaamaan PCM -projektin puutteet, mutta usein (kuten Naistenlahdessa) myös rakennuttajan edustaja korjaa konfiguraatiota ja asetuksia. Yleensä asiat yritetään tehdä niin, että ne sujuisivat nopeasti ja helposti.

Kuvassa 10 nähdään REF630 ohjaustermiinaali. Näyttöön ohjelmoidaan yleensä miinimikku, josta voidaan myös tehdä ohjauksia releen ollessa paikallistilassa. Normaalisti relettä ohjataan kuitenkin vain kaukokäytön avulla. Näytössä näkyy komponenttien tilatietojen lisäksi lähdön mittauksia. Tarkempia asetuksia voi selata näppäinten avulla.

(ABB, REF630 Application Manual)



Kuva 10. REF630

Myös releen mimiikkaan ja näytön muihin tietoihin kiinnitetään käyttöönotossa huomiota ja korjataan näyttö tarvittaessa rakennuttajan tarpeiden mukaiseksi.

4.4.2 Ylivirtasuojaus

Ylivirtasuojaus on kaikilla TSV:n 20 kV johtolähdöillä. Naistenlahden sähköaseman 20 kV lähdoissä on käytössä ylivirran kaksi ensimmäistä porrasta. Tämä tarkoittaa, että ensimmäinen porttas toimii asetellussa ajassa virran ylittäessä asetellun arvon. Toinen porttas toimii isommalla virralla, mutta nopeasti heti. Tyypillisesti ylivirran ensimmäisen portaan asetteluarvo TSV:llä on 600 A ja 0,8 s. Siis kun virta ylittää 600 A, katkaisija laukeaa 0,8 s kuluttua. Toinen porttas, eli niin sanottu momenttiporttas toimii vasta 2000 A virralla ja 0,2 sekunnissa. Vastaavasti esimerkiksi muuntajälähdössä toiminta-aika on yleensä hitaampi. Tämä on suunniteltu selektiivisyyden takia. Johtolähdön vika ei saa aiheuttaa muuntajälähdön laukeamista.

Ylivirtareleiden oikea asettelu vaatii niiden sijaintipaikan oikosulkuvirran tuntemista. Tampereen Sähköverkolla on silmukoitu jakeluverkko kaupunkialueella, joten asetukset ovat pääsääntöisesti samat kaikilla johtolähdöillä.

Joissakin lähdoissä käytetään myös suunnattuja ylivirtasuojia. Suunnatut suojat soveltuvat hyvin rengas- ja silmukkaverkon selektiiviseen suojaukseen. Suunnattua suojausta tarvitaan, koska suojaukselta vaaditaan erilaisia toiminta-aikoja riippuen siitä, onko vika-

paikka suojan edessä johdolla vai suojan takana esimerkiksi kiskostossa. Suunnattu ylivirtasuojaus toimii, kun vikavirta ylittää asetteluarvon ja vikavirran suunta vastaa asettelua.

Sähköaseman käyttöönottokeistuksessa testataan muun muassa suojauksien havahtumis- ja toiminta-arvot.

4.4.3 Maasulkusuojaus

Maasulku on käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan välinen eristysvika. Maasulku voi olla yksi- tai monivaiheinen riippuen miten monessa verkon virtajohtimessa maasulku esiintyy. Tampereen Sähköverkolla on sammutettu verkko. Tämä tarkoittaa, että muuntajan tähtipisteisiin on kytketty kompensointikuristimet. Maasulun kompensointilaitteilla vähennetään maasulkuvirtaa sekä hallitaan vauriokohdan kosketusjännitetasoa. Laitteiden toiminta perustuu verkon maakapasitanssien kumoamiseen eli kompensointiin saman suuruisella induktanssivarvolla.

Maasulkusuojauksessa seurataan nollavirran tai nollajännitteen nousua. Maasulkuvirran aiheuttaman jännite-epäsymmetrian vaikutuksesta myös verkon tähtipisteen potentiaali poikkeaa maan potentiaalista, eli syntyy ns. nollajännite. Tämä jännite on sama, jonka maasulkuvirta saa aikaan kulkiessaan maakapasitanssien kautta.

TSV:llä yleensä maasulkuvirran ylittäessä 5 A, suoja laukaisee katkaisijan 0,5 sekunnissa. Nollajännitteen asetusarvo on 2,31 kV ja laukaisuaika noin 0,1 sekuntia.

Naistenlahden 20 kV johtolähdöillä on käytössä myös katkeileva maasulkusuojaus. Katkeileva maasulku on haastavampi havaita, sillä se voi sykkiä vain silloin tällöin. Se voi aiheutua esimerkiksi kaapelista, mikä on hieman vioittunut. Sammutettu verkko nostaa katkeilevan maasulun esiintymistodennäköisyyttä. Kompensoinnin takia maasulun johtavat hetket jäävät usein niin lyhyiksi, että tavallinen maasulkusuojaus ei ehdi reagoida niihin.

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07)

(Isomäki Rami, Vaasan AMK)

(Multirel, www.multirel.fi)

(Vanhanarkaus Jouni)

4.4.4 Valokaarisuojaus

Naistenlahden sähköaseman 20 kV kojeistoon tuli myös valokaarisuojaus. Sen idea on suojata koko kojeistoa ja kiskostoa valokaaren aiheuttamilta vaurioilta. Valokaarisuojauksessa eri puolilla kojeistoa on valoantureita, jotka reagoivat valoon, eli esimerkiksi oikosulun aiheuttamaan valokaareen. Kojeisto on jaettu valokaarisuojauksen osalta osiin, eli kaukokäyttöön saadaan aina tieto, missä kennossa tai kennoissa vika on. Valokaarisuojaus vaatii toimiakseen valon lisäksi virtaehdon täyttymisen. Käyttöönottokeustuksessa testataan erikseen, että valoanturit reagoivat valoon ja lisäksi että valokaariyksiköt toimivat virran ylittäessä asetellun rajan.

4.5 Kaukokäytön signaalitesti

Suojareleiden ja verkon valvontajärjestelmän täytyy toimia varmasti ja olla luotettava. Signaalitestissä varmistutaan, että jokainen signaali kulkeutuu oikein keskijännitekojeistosta MicroSCADA -kaukokäyttöjärjestelmään. TSV:n projekteissa signaalitestin tekee TSV itse.

4.5.1 Kaukokäyttöverkon ala-asema

Kaukokäyttöverkon uusi ala-asema otetaan käyttöön sähköasemalla, kun sen kaappi ja johdotukset ovat valmiina. Sähköaseman signaalit liitetään TSV:n MicroSCADA-kaukokäyttöjärjestelmään sähköasemakohtaisen ala-aseman (RTU) avulla. Tämä RTU sisältää kaikki kaukokäytön asemakohtaiset signaalit. Signaalit kerätään kennotermiinaaleilta ja osa signaaleista tulee suoraan RTU:hun. Ala-asemakonfiguraation tekee toimittaja rakennuttajan edustajan antaman signaalilistan pohjalta.

Signaalitestiä tehdessä tiedon kulku testataan SCADA:an asti, mutta jos signaali jää jostain syystä matkalle, vikaa pitää etsiä releestä, johdotuksesta tai RTU konfiguraatiosta. Signaalin matka todellisesta viasta tai muutoksesta (esimerkiksi jonkin kennon välireleen toiminta) on pitkä ylös käyttökeskukseen asti.

Ala-asemaan ladataan konfiguraatio ja sen jälkeen tarkastetaan, päivittyvätkö pisteet. Yleensä konfiguraatioon tarvitsee tehdä muutoksia useamman kerran käyttöönoton aikana, jotta kaikki olisi oikein. Myöhemmin normaalissa käytössä siihen harvemmin enää tarvitsekaan koskea. Kun RTU:n yhtäkin signaalin pistettä pitää muokata, pitää aina koko konfiguraatio ladata uudelleen.

4.5.2 MicroSCADA

MicroSCADA on kaukokäyttöjärjestelmä, jonka avulla valvotaan ja ohjataan sähköverkkoja sijaitsevia laitteita.

MicroSCADA-järjestelmään on luotu uuden kohteen tietokanta signaalilistan perusteella. Jokainen signaali testataan käyttöönotossa. Niin kuin edellisessä luvussa todettiin, signaali kulkee monen johdotuksen ja laitteen kautta ylös SCADA:an. Koska testeissä signaalit testataan periltä saakka, tulee signaalitestissä samalla testattua niin kojeiston toiminnan oikeellisuutta, kuin RTU:n ja SCADA:n määrittelyitä.

Keskijännitekojeiston jokaisen tilatiedon päivittyminen SCADA:an tarkastetaan. Myös ohjaukset tehdään niin paikallis- että kauko-ohjauksella. SCADA:n tapahtumalistalle pitää tulla oikea teksti oikeaan aikaan. Näitä tekstejä muokataan vielä käyttöönotossakin, jotta myöhemmin käyttökeskuksessa olisi helppo tulkita, mitä milloinkin sähköasemalla on tapahtunut.

Jokainen hälytys, mikä on tuotu SCADA:n tietokantaan, testataan periltä saakka. Esimerkiksi automaattien avaukset, virtapiiriviat ja laukaisupiiriviat toteutetaan oikeasti, jotta nähdään, toimiiko ketju kaukokäyttöön asti. Suojareleille syötetään virtaa ja jännitettä, jotta voidaan tarkistaa mittausten oikeellisuus niin releen näytöltä, kuin kaukokäytöstä. Usein SCADA:n päässä joudutaan muokkaamaan mittausten skaalausta.

Suojareleiden toiminta ja siitä aiheutuvat tapahtumat testataan myös. Koestuslaitteella aiheutetaan ylivirrasta tai maasulusta vikoja, jotta nähdään, tuleeko tapahtuma kaukokäyttöön oikein. Kaikki signaalilistan tapahtumat testataan, vaikka ne eivät tulisikaan käyttöön (esimerkiksi ylivirran kolmas porras).

Kuvassa 11 nähdään, kuinka tapahtumalistalle ilmestyy tapahtuma maasulusta päätteellä. Todellisessa tilanteessa hälyttävän tapahtuman väri on punainen. Lisäksi vika ilmestyy SCADA:n sähköasemakuvaan ja hälytyslistalle.

#	Aika	Asema	Kenno	Laite	Nimi	Kohdeteksti	Tapahtumateksti
110	2016-10-05 13:44:18.073	NSL	BE33	RE1	Kastinsilta	I> laukaisun vikavirta L3	0
111	2016-10-05 13:44:18.073	NSL	BE33	RE1	Kastinsilta	I> laukaisun vikavirta L2	0
112	2016-10-05 13:44:18.073	NSL	BE33	RE1	Kastinsilta	I> laukaisun vikavirta L1	30
113	2016-10-05 13:44:18.016	NSL	BE33	RE1	Kastinsilta	MS> Maasulku päätteellä TOIM.	Hälytys
114	2016-10-05 13:44:16.086	NSL	BE33	RE1	Kastinsilta	MS> Maasulku päätteellä hav.	Hälytys

Kuva 11. Tapahtumalista

Signaalitestien avulla löytyy usein ainakin pientä korjattavaa. Esimerkiksi Naistenlahden projektissa tuli eteen seuraavia virheitä:

- aikaleima tapahtumassa väärin
- kennoterminaalin vika- ja yhteysvikahälytykset ristissä
- loistehomittaus ei päivittynyt releeseen
- turhia rivejä SCADA:n tapahtumalistalle virheellisistä statuksista
- releen näytön pikanäppäin ohjelmoimatta
- SCADA:ssa vääriä nimiä tapahtumille
- valokaarisuojaus lohkot väärin nimetty
- suuntaavan ylivirtasuojauslohkon asetuksissa korjattavaa
- releen asetusryhmän vaihdossa kaukokäytöllä ongelmia.

Kaikki ongelmat saatiin kuitenkin ratkaistua joko kennoterminaalin konfiguraatiota tai asetuksia säätämällä tai SCADA:n pisteiden asetuksia muokkaamalla.

Kun jokainen signaali on testattu ja kojeisto otetaan käyttöön, SCADA:an muokataan vielä tapahtumien hälytysluokat. Näin tärkeimmät ja vaarallisimmat tapahtumat ponnahtavat SCADA:n tapahtumalistan lisäksi hälytyslistalle ja käyttökeskuksen operaattori tietää toimia tilanteen vaatimalla tavalla.

4.5.3 Reservijärjestelmä

Naistenlahden sähköasemalla, kuten muillakin TSV:n sähköasemilla on käytössä reservihälytysjärjestelmä, joka on aivan erillinen pääkaukokäyttöjärjestelmästä.

Naistenlahdessa on käytössä Mikroli – kaukokäyttöjärjestelmä reserviä varten, siis tilanteita varten, jolloin pääkaukokäyttöjärjestelmä ei jostain syystä toimisi. Mikroli saa tietonsa hälytysyksikön REF630 kautta. Tämän hälytysyksikön ja Mikrolin toiminta testattiin myös käyttöönotossa perusteellisesti. Hälytykset on jaettu kahteen eri tasoiseen viikaan; suoja lauennut ja asemalla vika. TSV:n henkilöstön tehtäväksi jäi tarkastaa, että vikatyypit oli ohjelmoitu REF630:ssa oikein ja Mikroli välitti oikean signaalin käyttökeskukseen.

4.6 Koekäyttö ja käyttöönottopöytäkirja

Kun kaikki alkaa olla kojeiston osalta valmista ja testattua, ja sekä toimittaja että rakennuttaja ovat yhtä mieltä siitä että 20 kV kojeistoon on turvallista ottaa jännite, aloitetaan 24 h koekäyttö ja sitä ennen täytetään sekä käyttöönottopöytäkirja, että koekäyttöpöytäkirja. Käyttöönotto- ja koekäyttöpöytäkirja täytetään yhdessä toimittajan ja rakennuttajan edustajan kanssa. Se täytetään jo ennen 24 tunnin koekäyttöä, jotta varmasti molemmilla osapuolilla on sama käsitys tarkastuksien luotettavuudesta ja kojeiston turvallisuudesta. Käyttöönottopöytäkirjassa käydään eri osa-alueet läpi ja merkitään että ne ovat kunnossa. Jos jokin ei ole kunnossa, kojeistoa ei voida ottaa käyttöön. Jos puutteita on asioissa, jotka eivät liity kojeiston käyttövarmuuteen ja turvallisuuteen, ne voidaan listata erilliselle puutelistalle liitteeksi ja käyttöönotto voi jatkua. Käyttöönottopöytäkirjassa näkyy, että sähkölaitteisto ja sen testaukset on tehty standardin mukaisesti. Käyttöönottopöytäkirjan lisäksi kojeiston toimittaja toimittaa rakennuttajalle koestuspöytäkirjat ja muut mahdolliset mittauspöytäkirjat.

24 h koekäyttö tarkoittaa, että kojeiston kiskostolle kytketään normaali 20 kV käyttöjännite. Kuormaa tässä vaiheessa kojeistolle ei vielä oteta. Kiskostot ovat jännitteisenä 24 tuntia ja tämän jälkeen vasta voidaan alkaa suunnitella johtolähtöjen lisäyksiä kojeistoon. Jos koekäytön aikana ilmenee jotakin ongelmaa, testi keskeytetään ja tutkitaan asia perinpohjaisesti. Yleensä koekäyttö menee hyvin, koska jännite otetaan kiskolle vasta kun

kaikki on varmasti oikein ja turvallista. Siitäkin huolimatta on aina jännittävä hetki ottaa uusi kojeisto ensimmäistä kertaa jännitteiseksi.



Kuva 12. UniGear kojeisto käyttöönottokunnossa

4.7 Käyttöönotto

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Tämä tapahtuu siis vasta koekäytön jälkeen.

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa.

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu vaaraa tai häiriötä.

(Sätköturvallisuuslaki 14.6.1996/410)

Sätköturvallisuuden varmistamiseksi sähkölaitteistolle on tehtävä myös varmennustarkastus käyttöönottotarkastuksen lisäksi. Varmennustarkastuksessa on pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sätköturvallisuudelle asetetun tason ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus. Varmennustarkastus on tehtävä sätköverkkojen tapauksessa käyttöönotosta seuraavan kalenterivuoden kuluessa. Tarkastuksen voi tehdä vain valtuutettu laitos.

(5.7.1996/517)

5 KÄYTTÖNOTON JÄLKEEN

Standardin SFS 6001 mukaan kaikilla laitteistoilla tulee olla ohjeistus, jossa esitetään normaalitila-, hätätila- ja kunnossapitomenettelyt samoin kuin turvallisuusohjeet suurjännitesähköaseman käytölle.

Ajantasaiset piirustukset ja käyttökaaviot kaikkien asennusten osalta tulee olla käyttöpai-
kalla saatavilla. Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan pitää pystyä niiden avulla turval-
lisesti ja tehokkaasti suorittamaan vaaditut toimenpiteet laitteistossa.

Päälaitteiden valmistajien tulee toimittaa käyttö- ja huolto-ohjeet sekä testaus- ja käyttö-
raportit.

Laitteistossa tulee olla näkyvällä paikalla hätänumero.

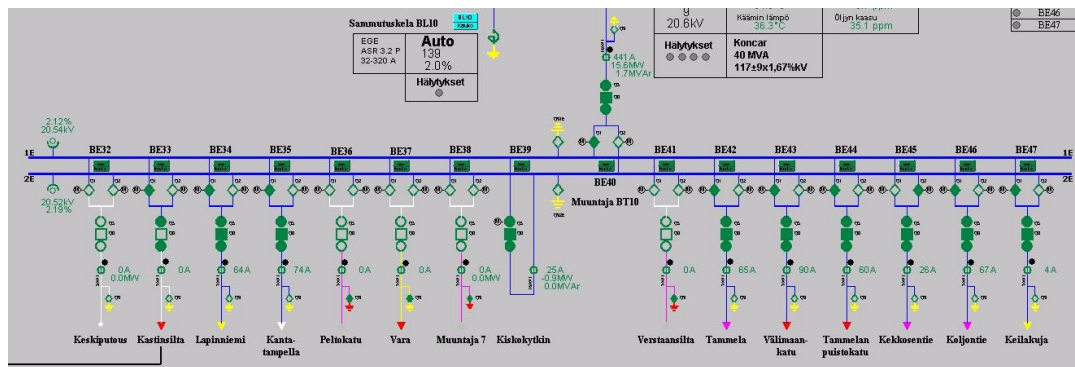
(SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset, 2015)

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkail-
laan ja havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. Sähköaseman 20 kV kojeis-
tolle on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma.

Määräaikaistarkastus on tehtävä käytössä olevalle sähkölaitteistolle viiden vuoden välein
(luokan 3 sähkölaitteisto). Määräaikaistarkastuksessa varmistutaan, että sähkölaitteiston
käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset
toimenpiteet. Lisäksi tarkistetaan, että välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käy-
tettävissä ja muutoksista on olemassa tarkastuspöytäkirjat.

(5.7.1996/517)

Käyttönoton jälkeen sähkölaitteistoa käytetään suurimmaksi osaksi etäältä sähköverkon
käyttökeskuksesta. Kuvassa 13 nähdään Naistenlahden 20 kV kojeisto kaukokäyttöku-
vassa. Kuvan avulla kojeistoon voidaan tehdä ohjauksia ja sen kaikki virhetilat ja häly-
tykset näkyvät.



Kuva 13. Naistenlahden 20 kV kojeiston kaukokäyttökuva



Kuva 14. Naistenlahden 20 kV kojeisto käytössä

6 TIIVISTELMÄ KÄYTTÖNOTOSTA

Jokaisella sähköyhtiöllä on varmasti omat tapansa hoitaa keskijännitekojeiston käyttöönotto. Tampereen Sähköverkko Oy vaatii laitteistolta luotettavuutta ja turvallisuutta. Tässä tiivistetyt toimenpiteet, joita TSV vaatii laitteiston toimittajalta käyttöönotossa ja mitä asioita TSV:n oma henkilökunta hoitaa ja missä se on mukana käyttöönoton aikana ja sitä ennen.

6.1 Laitteiston toimittajan vastuut käyttöönotossa

Laitteisto on tilattu avaimet käteen -periaatteella, joten toimittajalla on päävastuu sähköasemakojeiston ja siihen liittyvien komponenttien toiminnasta. Toimittajan tehtävänä on suunnitella ja toteuttaa sopimuksen mukainen toimiva kokonaisuus.

Tässä listattuna tehtäviä, jotka ovat sähköasemalaitteiston toimittajan vastuulla:

- projektin vetovastuu
- suunnitelmat, sähköiset kuvat
- ala-asema konfiguraatio
- suojarahkonfiguraatiot ja asetukset (arvot rakennuttajalta)
- kojeiston ja muiden apulaitteiden asennus
- laitteistojen oikeellisuuden tarkastus ja korjaus
- johdotusten ja lukitusten tarkastus ja korjaus
- mekaanisten osien toiminnan tarkastus ja korjaus
- suojarahkoestus ja pöytäkirja tästä
- käyttöönottopöytäkirja
- loppudokumentointi.

6.2 Rakennuttajan (TSV) tehtävät käyttöönotossa

TSV on koko projektin ajan mukana apuna, sekä suunnittelussa, että käyttöönotossa.

Tässä tarkemmin sähköasemakojeiston käyttöönottoon liittyviä tehtäviä, jotka TSV hoitaa:

- kuvien ja suunnitelmien kommentointi
- relesuojauksen arvojen laskeminen

- kaukokäytön signaalilistan suunnittelu
- MicroSCADA tietokannan ja kaukokäyttökuvien luonti
- tietoliikenneyhteyksien varmistaminen
- kommentointi/apu käyttöönotossa
- ainakin yhden kennon koestus
- signaalitesti SCADA:an
- virheiden/parannusehdotusten etsintä yhdessä toimittajan kanssa
- käyttöönottopöytäkirjan hyväksyminen
- käyttöönoton kytkennät.

7 LOPPUSANAT

Tämä opinnäytetyö kertoo yhdestä osasta työstäni Tampereen Sähköverkolla. Sähköaseman tekniikkaan liittyy valtavasti osa-alueita. Ongelmana hieman olikin, että mihin aiheeseen opinnäytetyössä keskittyä. Tämä työ valaisee hieman TSV:n toimintaperiaatteita erilaisissa projekteissa ja käyttöönotoissa.

Opinnäytetyön tuloksista ja pohdinnoista olisi tarkoitus tehdä tarkempi sähköasemakojeiston käyttöönotto -ohje TSV:n tarpeisiin. Ohjeistuksessa tulisi olla tarkastuksen periaatteet ja vaiheet tarkasti lueteltuina. Lisäksi ohjeeseen kannattaisi lisätä tarpeellisia vinkkejä ja neuvoja, mitä käyttöönotoissa tulee esiin.

Suuri kiitos opinnäytetyöstä ja yleensäkin opiskelustani sähkövoimatekniikan insinööriksi kuuluu työnantajalleni Tampereen Sähköverkolle. On mukavaa työskennellä yhteisössä, jossa suhtautuminen ja kannustaminen uuden oppimiseen (ja vanhan kertaamiseen) on niin hienoa.

Tampereella 5.12.2016

Karoliina Laine

LÄHTEET

ABB. Feeder Protection and Control REF630 Application Manual.

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/08_0_Maasulkusuojaus.pdf

ABB UniGear keskijännitekojeisto tuoteselostus. <http://www.abb.com/product/db0003db004279/c125739900636470c1256ec20041c80f.aspx>

Isomäki Rami, opinnäytetyö, Vaasan AMK. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16790/Isomaki_Rami.pdf

Järvensivu Juha, Alueverkkotiimi. Suojauksen koestus ja käyttöönotto-ohje, 2011. TSV:n arkisto.

Kauppa- teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517.

Kivikangas Arto, NSL 20 kV pääkaavio. 2015.

Multirel tuotesivut. <http://www.multirel.fi/tuotteet/kompensointilaitteet/toimintaperiaate>

Mörsky Jorma, K.1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Karisto Oy.

SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset. Luku 3. Termit ja määritelmät. Suomen standardisoimisliitto SFS. 4. painos, 2015.

SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset. Luku 14 Tarkastukset ja testaukset. Suomen standardisoimisliitto SFS. 4. painos, 2015.

SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset. Luku 15 Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet. Suomen standardisoimisliitto SFS. 4. painos, 2015.

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410, 5. luku

TSV/suunnittelu. Hankekuvaus M-NSL2016-64453. TSV:n arkisto.

TSV/suunnittelu. Teknillinen erittely M-NSL2016-63216. Luottamuksellinen. TSV:n arkisto.

TSV/suunnittelu. Urakkaohjelma M-NSL2016-63212. TSV:n arkisto.

Vanhanarkaus, Jouni. Keskustelut ja kommentit. 2016.

Vanhatalo Pekka. Naistenlahden muunnon ja jakelun saneeraus 2016; Projekti NSL2016. M-NSL2016-66142.ppt. TSV:n arkisto.

LIITTEET

Liite 1. Naistenlahden keskijännitekojeiston pääkaavio