

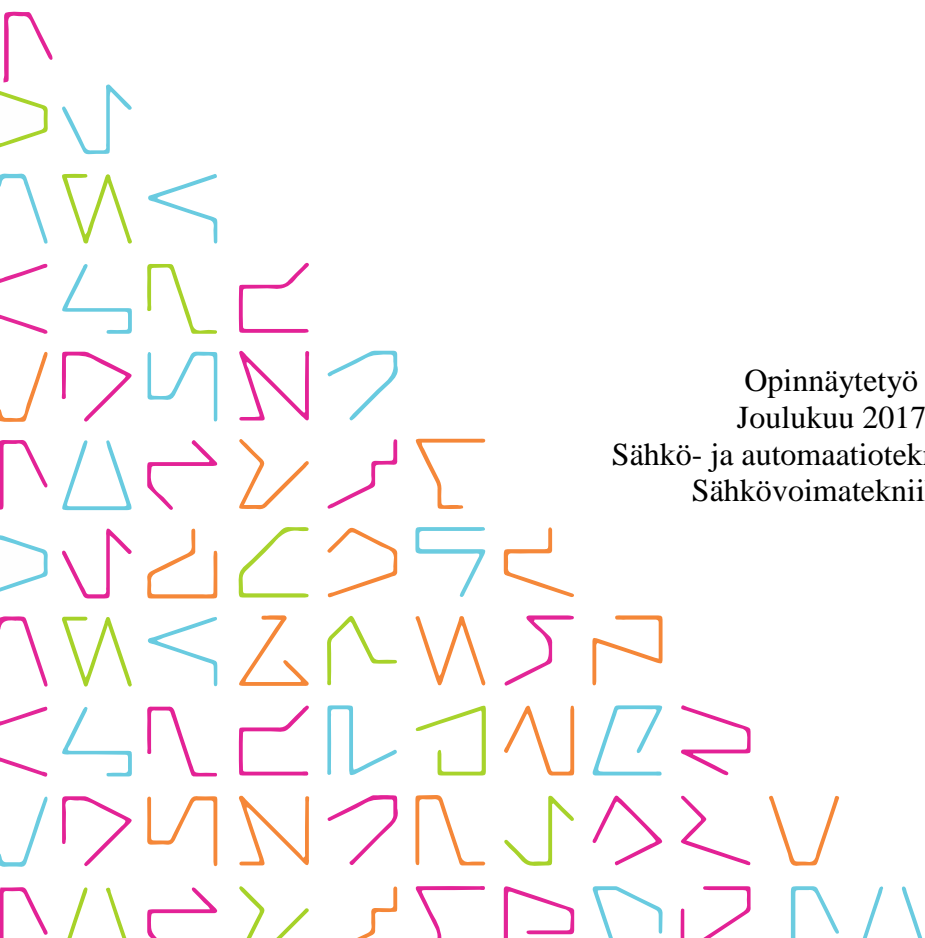


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Kevytsähköasemien sähkösuunnittelu

Olli Kosonen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2017
Sähkö- ja automaatiotekniikan ko.
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Sähkövoimatekniikka

KOSONEN, OLLI:
Kevytsähköasemien sähkösuunnittelu

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Joulukuu 2017

Työ on tehty toimeksiantona ALTEN Finlandille, jonka tavoitteena on parantaa kevytsähköasemien suunnittelun tehokkuutta. Pienen tilantarpeen ja investointikustannuksen ansiosta kevytsähköasemat ovat tehokas tapa parantaa sähköverkon toimintavarmuutta sekä pienentää vikojen vaikutusaluetta. Rakentamalla haja-asutusalueelle kevytsähköasemia, saadaan haja-asutusalueiden ja taajaman sähkönjakelu eriytettyä toisistaan. Tällöin vikatilanteessa häiriöalue pienenee selvästi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kevytsähköasemien sähkösuunnitteluun vaikuttavat vaatimukset ja standardit. Näiden tietojen pohjalta laadittiin toimeksiantajalle mallikirjasto.

Kirjallinen työ koostuu kahdesta osasta. Ensimmäinen osa on selvitys kevytsähköasemista. Siinä käydään läpi Suomen sähkövoimajärjestelmä, sähköasemien tarkoitus ja toiminta, sähköasemien keskeisimmät komponentit, sähköasemiin liittyvät standardit ja vaatimukset sekä perinteisen sähköaseman ja kevytsähköaseman ero. Toisessa osassa käsitellään sähkösuunnitteluun liittyvät asiat. Siinä käydään läpi suunnitteluprosessi, tyypillinen suunnittelun organisointimalli ja keskeisimmät sähkösuunnittelun dokumentit.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin toimeksiantajalle mallikirjasto, joka toteutettiin Eplansuunnitteluohjelmalla. Mallikirjasto laadittiin parantamaan toimeksiantajan tuottavuutta kevytsähköasemaprojekteissa. Mallikirjaston laatiminen oli mahdollista, sillä kevytsähköasemien sähköinen toteutus on hyvin samankaltainen projektista riippumatta. Mallikirjasto koostuu yleisimmistä kevytsähköasemissa käytettävistä komponenteista ja piireistä. Valmiiksi tehdyn mallikirjaston ansiosta tulevissa kevytsähköasemaprojekteissa suunnittelua ei tarvitse aloittaa alusta, vaan mallikirjasto toimii pohjana.

Asiasanat: kevytsähköasema, sähkönjakelu, sähkösuunnittelu, sähködokumentointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of Engineering
Electrical power engineering

Olli Kosonen:
Electrical Design of Light Substations

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 3 pages
December 2017

This thesis was commissioned by ALTEN Finland, which seeks to improve the competitiveness of the design of light substations. Due to minor space and investment requirements, the light substations are an efficient way to improve the grid by increasing the reliability and reducing the area affected by the faults. The power distribution of dispersed settlement area and conurbation area can be separated from each other by building a light substation to the dispersed settlement area. This leads to a decreased area affected by faults. The purpose of this thesis was to examine the requirements affecting the electrical design of the light substations and to use this knowledge to create a design library for the commissioner.

The thesis consists of two parts. First part introduces the light substations. The Finnish electrical system, the purpose and the function of substations, the crucial components of substation, the standards and the requirements affecting the substations and the difference between the ordinary and light substation are discussed. Second part discusses the matters affecting the electrical design of the light substations. It presents the designing process, the typical project organization model and the crucial documents of electrical design.

As a result of this thesis a design library was created with EPLAN design program. Design library was created to improve productivity of commissioner in light substation projects. Creation of the design library was possible, because the electrical design of the light substations is very similar between the projects. Design library consists of most common components and circuits used in the light substations. Due to prefabricated design library, the electrical design of light substation is much faster.

Key words: light substation, electrical power distribution, electrical design, electrical documentation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Toimeksiantajan esittely - Alten.....	7
3	Suomen sähkövoimajärjestelmä.....	8
4	Sähköasemat.....	9
	4.1 Kevytsähköasemat.....	10
	4.2 Tärkeimmät komponentit.....	13
	4.2.1 Kytkinlaitteet.....	13
	4.2.2 Mittaus- ja suojauslaitteet.....	16
	4.2.3 Ylijännitesuojaus.....	19
	4.2.4 Tehomuuntaja.....	20
	4.3 Sähköaseman apusähköjärjestelmät.....	21
5	Standardit ja vaatimukset.....	23
6	Suunnittelu.....	24
	6.1 Suunnitteluprosessi.....	24
	6.2 Suunnitteluorganisaatio.....	25
	6.3 EPLAN Electric P8.....	27
	6.4 Sähkösuunnittelun keskeisimmät dokumentit.....	27
7	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET.....	32
	Liite 1. 110/20 kV Sähköaseman pääkaavio (Alten).....	32
	Liite 2. 110 kV erottimen ohjaus suojausalueen apukoskettimilla. (Alten).....	33
	Liite 3. Erään rivitalon jakokeskuksen kokoonpanokuva.(Kinnunen).....	34

LYHENTEET JA TERMIT

AJK	Aikajälleenkytkentä
CENELEC	European Committee For Electrotechnical Standardization
DC	Direct Current
Hz	Hertsi
<i>I</i>	Virta
ICT	Information and Communication technology
IEC	International Electrotechnical Commission
<i>I₀</i>	Nollavirta
KSR	Kiskosuojarele
KVR	Katkaisijavirtarele
kV	Kilovoltti
PJK	Pikajälleenkytkentä
SF ₆	Rikkiheksafluoridi
ST	Sähkötekniikka
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
s	Sekunti
<i>t</i>	Aika
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
V	Voltti
Z	Impedanssi

1 JOHDANTO

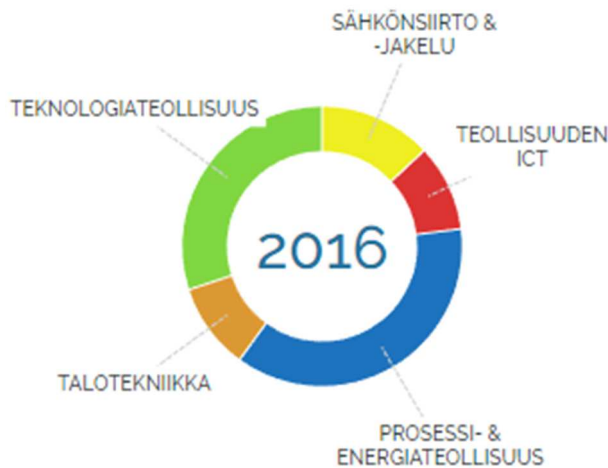
Tavallisten sähköasemien rinnalle on kehitetty kevytsähköasemat, jotka parantavat sähköverkon toimintavarmuutta ja pienentävät vikojen vaikutusaluetta. Pienemmän tilantarpeen takia kevytsähköasemat voidaan sijoittaa lähemmäksi haja-asutusalueita ja jo olemassa olevien johtokatuja alle. Opinnäytetyössä tarkastellaan kevytsähköasemien suunnittelua ja pohditaan, kuinka työn tuottavuutta ja laatua voidaan parantaa. Aihe on erittäin ajankohtainen, sillä toimeksiantaja haluaa parantaa sähköasemien suunnittelun kilpailukykyä. Opinnäytetyöni käsittää kaikki kevytsähköaseman sähkölaitteet, pois lukien talosähköistys.

Tavoitteena on kehittää kilpailukykyinen toimintamalli kevytsähköasemien sähkösuunnittelussa mallikirjastoa hyödyntäen. Mallikirjaston tarkoituksena on nopeuttaa suunnitteluprosessia, joka puolestaan lisää tuottavuutta ja tätä kautta kilpailukykyä. Kokonaiskuvan hahmottamiseksi kerään tietoa yrityksen entisten projektien piirikaavioista, haastatteluista sekä alan kirjallisuudesta. Tiedonkeruun pohjalta laaditaan tietokantapohjainen mallikirjasto yrityksen asiantuntijoiden kanssa. Mallikirjaston toteutukseen käytän EPLAN tietokantapohjaista suunnitteluohjelmaa.

2 Toimeksiantajan esittely – ALTEN

Alten Finland kuuluu ALTEN-konserniin, joka on yksi Euroopan suurimmista suunnittelutoimistoista. ALTEN työllistää yli 27000 ihmistä yli 20 maassa. Liiketoiminnassaan ALTENin vahvuus on laaja globaali osaaminen ja kasvuhakuisuus. ALTEN tuli suomeen vuonna 2014, jolloin se osti raahelaisen Alte-konsernin tytäryhtiöineen. Vuoden 2017 alussa yhtiö aloitti toimimaan nimellä ALTEN Finland. (Tietoa meistä 2017.)

Alten Finlandin palveluksessa työskentelee nykyään yli 400 asiantuntijaa eri paikkakunnilla: Espoossa, Hyvinkäällä, Lahdessa, Hämeenlinnassa, Tampereella, Paimiossa, Raahessa ja Oulussa. Kuvassa 1. näkyy Alten Finlandin liiketoiminnan jakautuminen toimialoittain Suomessa. (Tietoa meistä 2017.)



KUVA 1. Altenin Finlandin toimialat(Alten)

ALTEN tarjoaa asiakkailleen laajan skaalan erilaisia palveluita aina tuntilaskutettavasta työstä kiinteähintaisiin projekteihin. Suomessa tekniseen konsultointiin ei ole perinteisesti kuulunut aktiivinen markkinointi, vaan kasvua on tapahtunut verkostojen ja suosittelun kautta. ALTENin kasvustrategiassa puolet yrityksen kasvusta syntyy yritysostojen avulla ja puolet aktiivisen myyntityön tuloksena: organisaatiossa toimii useita Businessmanagereita, joiden tehtäviin kuuluu uusien asiakkaiden hankinta. (Tietoa meistä 2017.)

3 Suomen sähkövoimajärjestelmä

Voimalaitokset, alueverkot, jakeluverkot, kantaverkko ja sähkön kuluttajat muodostavat Suomen sähkövoimajärjestelmän. Kantaverkkoon on kytketty voimalaitokset ja alueelliset jakeluverkot. Kantaverkon keskeinen tehtävä on mahdollistaa sähkön tuottajien ja kuluttajien välinen kaupankäynti koko valtakunnan tasolla, sekä myös valtakunnan rajojen yli. (Suomen sähkövoimajärjestelmä.)

Suomessa sähkönjakelujärjestelmään kuuluu noin 800 sähköasemaa, 150 000 km keski-jännitejohtoja, 100 000 jakelumuuntamoita sekä 200 000 km pienjännitejohtoa. Jakeluverkossa 20 kV ja 110 kV jännitetasot koostuvat pääosin ilmajohtoista. Maakaapeliverkko on yleinen ratkaisu kaupungeissa ja taajamissa. Sähkövoimajärjestelmän edellä mainittujen primäärikomponenttien lisäksi siihen kuuluu myös paljon sekundäärilaitteita kuten erilaiset suoja- ja valvontareleet, tiedonsiirtojärjestelmät ja käytönvalvontajärjestelmät. (Lakervi & Partanen 2009, 2.1)

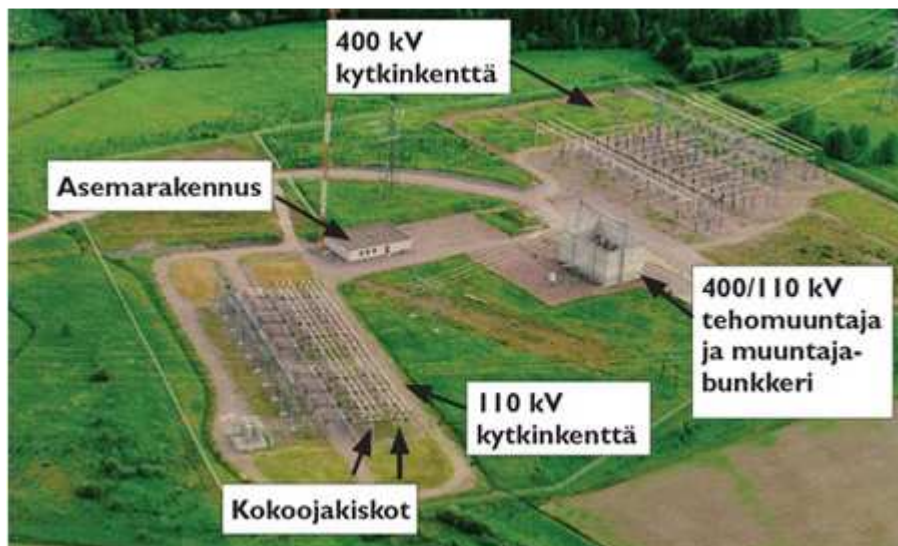


KUVA 2. Suomen sähköjärjestelmä (Fingrid)

4 Sähköasemat

Sähköasema on sähköenergian siirto- ja jakeluverkon kohta, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, muuntaa jännitettä, keskittää tai jakaa sähköenergian siirtoa eri johdoille. Sähköasemat koostuvat muuntajista, kiskoista ja laitteista, jotka hankitaan yleensä tehdasvalmisteisina valmiina kojeistoina. Tärkeimpiin laitteisiin kuuluu tehomuuntajat, mittamuuntajat, erottimet, katkaisijat ja suojarieleet. Laitteiden ylijännitesuojauksessa käytetään suoraan niiden rinnalle kytkettäviä venttiilisuoja tai kipinävälejä. Jos sähköasemalla suoritetaan jännitteen muuntamista, sitä voidaan kutsua muuntoasemaksi. Mikäli sähköasemalla on vain yhtä jännitetasoa, siitä voi käyttää nimitystä kytkinasema. (Elovaara & Haarla. 2011, 2.4.)

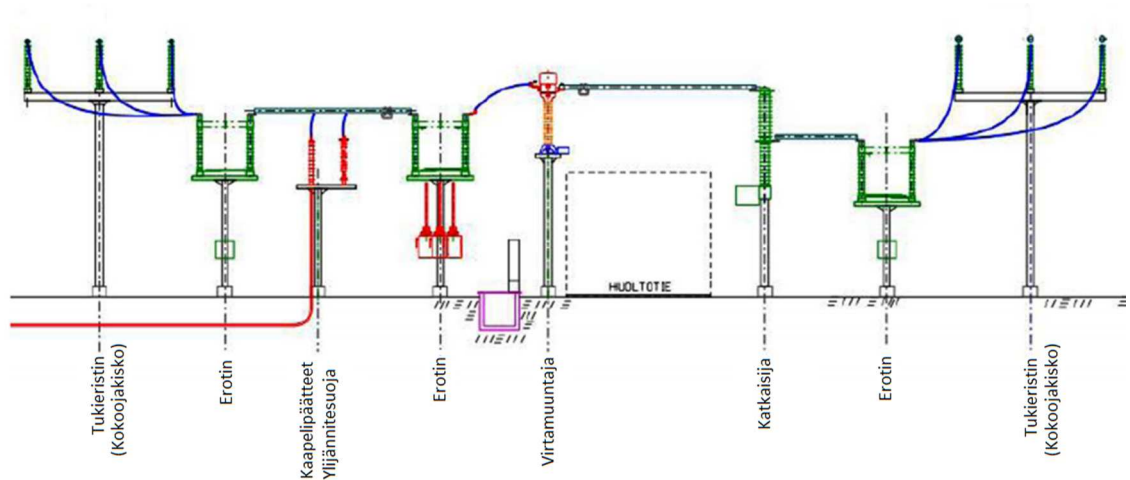
Sähköaseman kytkinkentällä sijaitsevat kokoojakiskot liitetään johtoihin ja muuntajiin kytkinlaitteiden välityksellä. Kokoojakiskot mahdollistavat erilaisten tehonsiirtotilanteiden edellyttämät kytkentäratkaisut. Asemarakennuksessa on yleensä keskijännitekojeistot ja -komponentit suojaus- ja ohjauslaitteineen, omakäyttökeskus, DC-järjestelmä sekä ohjaustaulut 110 kV:n laitteille ja päämuuntajalle. Kuvassa 3 näkyy kantaverkon sähköasema ulkokenttineen. (Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet.)



KUVA 3. Tyypillinen sähköasema (Fingrid)

Sähköasema määritellään suljettuna alueena, joka koostuu yhdestä tai useammasta kytkinkentästä. Kuvan 3 sähköasema koostuu kahdesta eri jännitetason kytkinkentästä (400 kV ja 110 kV), kytkinkentät toisiinsa yhdistävästä tehomuuntajasta ja asemarakennuk-

sesta. Molempien kytkinkenttien yhteydessä on niin sanottu pääteportaalit, joiden tehtävänä on ottaa vastaan ilmajohtojen vetovoimat. Portaaleista ilmajohtot ohjataan alas ja kytketään kytkinkentän kokoojakiskoihin/laitteisiin.



KUVA 4. 110 kV kytkinlaitoksen kytkinkentän leikkauskuva (Fingrid)

Kuvassa 4 on esitetty melko tyypillisen 110 kV ulkokytkinlaitoksen kytkinkentän leikkauskuva. Kytkinkentän molemmilla laidoilla on kokoojakiskot, joiden väliin on sijoitettu laitteisto. Laitteiston järjestys mahdollistaa turvallisen huoltamisen. Tarpeen vaatiessa huollettavat komponentit voidaan erottaa verkosta erottimia käyttäen. Katkaisijan ja virtamuuntajan välissä on huoltotie. Huoltotie on mitoitettu niin että se mahdollistaa turvallisen kulkemisen, eikä ajokorkeutta tarvitse rajoittaa.

Sähköaseman rakenteeseen vaikuttaa oleellisesti sen käyttötarkoitus, onko se yhteydessä voimalaitokseen ja kuinka tärkeässä verkon solmukohdassa se sijaitsee. Sähköaseman suunnittelussa huomioitavia seikkoja ovat muun muassa: teho, sijainti, ympäristö, maisemakysymykset, rakennusajankohta, taloudellisuus, muuntajat, maapohja, johtojärjestelyt, ajo- ja huoltotiet, laajennettavuus, kiskostojärjestelmät, kojeistorakenteet, luotettavuusvaatimukset, mitoitusvirrat ja oikosulkukestoisuudet, jännite- ja eristystasot, paikallisohjausjärjestelmä, hälytysjärjestelmä, viestiyhteydet, omakäyttöjärjestelmä, tasasähköjärjestelmä, maadoitukset sekä paloturvallisuus. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 2.4.)

4.1 Kevytsähköasemat

Kevytsähköasemia kutsutaan myös nimellä tehdasvalmisteiset sähköasemat. Toiminnaltaan kevytsähköasema on samanlainen kuin muutkin sähköasemat, mutta rakenne on paljon kevyempi. Kevytsähköasema on suunniteltu mahdollisimman tilatehokkaaksi. Tämän

takia myös investointikustannukset ja tilantarve ovat pienemmät. Kevytsähköasemat kalustetaan ja koestetaan tehtaalla, jonka jälkeen ne toimitetaan valmiina kokonaisuutena työmaalle ja kytketään tuleviin ja lähteviin kaapeleihin. Koko projektin läpivienti aika nopeutuu, sillä työmaalla tapahtuva asennus- ja käyttöönotto työ on minimoitu. Kuvassa 5. on esitetty taajamasähköasema ja ulkokenttä. (Tehdasvalmisteiset sähköasemat ja kytkemöt.)

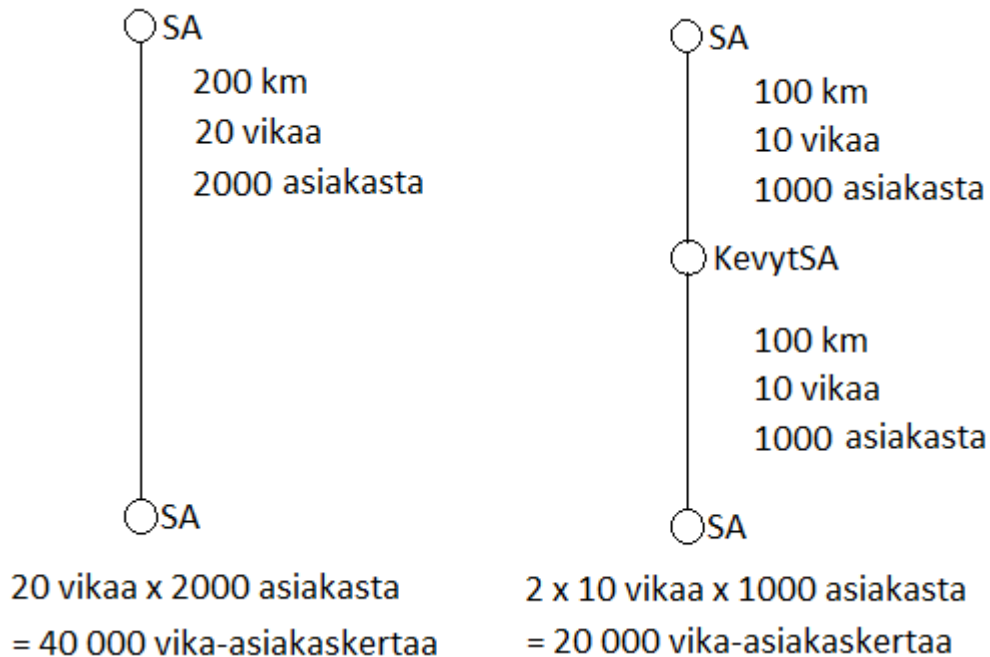
Asemarakennukseen voidaan tilauksen mukaan asentaa valmiiksi esimerkiksi keskijännitekojeistot ja -komponentit suojaus- ja ohjauslaitteineen, omakäyttökeskus, DC-järjestelmä sekä ohjaustaulut 110kV:n laitteille ja päämuuntajalle. Asema voidaan kalustaa myös muilla komponenteilla asiakkaan toiveen mukaisesti. Yleensä kevytsähköasemien vakioimitukseen sisältyy myös rakennuksen lämpö-, sähkö-, ilma- ja rakennesuunnittelu sekä kalustettujen kojeistojen suunnittelu. (Tehdasvalmisteiset sähköasemat ja kytkemöt.)

Sähköaseman runko on valmistettu käyttäen teräspalkki rakennetta, joka kestää kokonaisen rakennuksen nostot ja siirrot. Seinät ja katto rakennetaan ns. sandwich-tyyppisistä elementeistä, jotka koostuvat mineraalivillaytimeistä jonka molemmille puolille on kiinnitetty liimalla metalliohutlevy. Asemarakennukseen voidaan myös rakentaa erilaisia huoneita esim. valvomotila. Sisätilojen vakiovarustukseen kuuluu valaistus, lämmitys sekä ilmastointi. (Tehdasvalmisteiset sähköasemat ja kytkemöt.)



KUVA 5. Taajamasähköasema(Norelco)

Taajama- ja haja-asutusalueiden sähkönjakelu voidaan eriyttää toisistaan rakentamalla haja-asutusalueelle kevytsähköasemia. Tällä tavalla haja-asutusalueiden viat eivät häiritse taajaman asiakkaita ja vikaherkiksi todetut 20 kV pitkät johtolähdöt lyhenevät. Tällöin vikatilanteessa häiriön kokeneiden asiakkaiden lukumäärä pienenee selvästi. Kuvassa 6. on havainnollistettu kevytsähköaseman vaikutusta sähkönjakeluun. (Kettunen 2007)



Kuva 6. Kevytsähköaseman mallinnettu vaikutus

Kuvan 6. vasemmalla puolella on tilanne ennen kevytsähköasemaa, lähdön piirissä on 2000 asiakasta ja vikoja lähdössä tapahtuu 20. Verkon vika-herkkyyttä voidaan mallintaa vika-asiakaskerrat laskemalla. Vika-asiakaskerrat voidaan laskea kertomalla asiakkaitten määrä lähdön vikojen määrällä. Näin laskettuna tapahtuu 40 000 vika-asiakaskertaa. Kuvan oikealla puolella kevytsähköasema on sijoitettu sähköasemien väliin. Tällöin asiakasmäärä laskee 1000 ja johtolähdössä tapahtuu vain 10 vikaa. Tällöin vika-asiakaskertoja on vain 20 000, joten vähennys on jopa 50 %. On siis optimaalista sijoittaa kevytsähköasema ongelmallisten sähköasemien väliin, jolloin vika-alueet jakautuvat pienemmiksi. Tällöin toimitusvarmuus paranee ja häiriön kokee pienempi määrä asiakkaita. Kevytsähköaseman pienemmän rakenteen ansiosta se voidaan sijoittaa suoraan suurjännitejohtojen alle. (Kettunen 2007.)

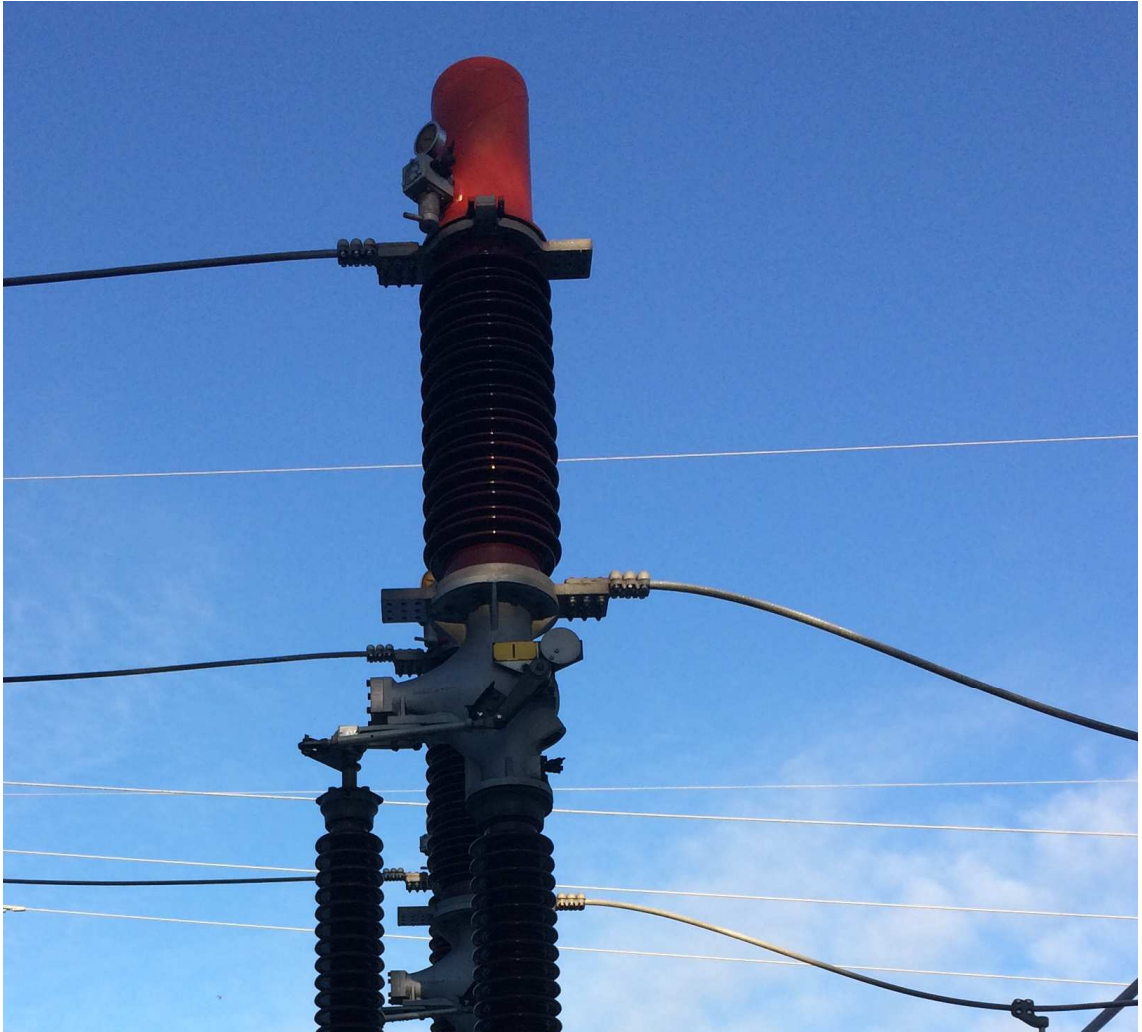
4.2 Tärkeimmät komponentit

Sähköasema sisältää suuren määrän komponentteja, joilla toteutetaan sähkön siirto, katkaisu, erotus ja muunto. Projektissa käytettävät komponentit valitaan asiakkaalta saatujen lähtötietojen mukaan. Lähtötietojen teknisten arvojen perusteella urakoitsija kilpailuttaa laitetoimittajat ja valitsee näistä parhaimman tarjouksen.

Tärkeimmät komponentit voidaan jakaa kytkinlaitteisiin, mittaus- ja suojauslaitteisiin, ylijännitesuojaukseen ja tehomuuntajiin. Tässä luvussa käsitellään näiden komponenttien toiminnot ja tehtävät.

4.2.1 Kytkinlaitteet

Katkaisija on kytkinlaite, joka pystyy toimimaan kuormitus- ja oikosulkuvirtojen vaikutuksen alaisena. Katkaisijan on siis pystyttävä kytkemään nimellisjännitteinen virtapiiri oikosulkuun ja katkaisemaan virtapiirissä esiintyvä suurin oikosulkuvirta. Katkaisijoita voi ohjata manuaalisesti tai automaattisesti. Tavallisin automaattinen katkaisijan ohjaus on ylivirran vaikutuksesta. Kun katkaisija avaa virtapiirin, virtapiiri ei tavallisesti avaudu välittömästi, vaan pysyy sulkeutuneena valokaaren välityksellä. Kuvassa 7. on tyypillinen katkaisija. (Korpinen 1998 9.6.1)



KUVA 7. Katkaisija. (Kuvannut: Olli Kosonen).

Katkaisija tukahduttaa valokaaren väliaineen avulla. Väliaineen mukaan katkaisijat jaetaan seuraaviin ryhmiin: ilmakatkaisijat, vähäöljykatkaisijat, SF6- katkaisijat, paineilma- katkaisijat ja öljykatkaisijat. Katkaisijan tunnistaa siitä, että johdot kulkevat tulo ja lähtö terminaleissa eri tasoissa. (Korpinen 1998 9.6.1)

Erotin on kytkinlaite, joka saa aikaan visuaalisesti havaittavan erotusvälin ja kiinniasennossa pystyy kestämaan kuormitus- ja oikosulkuvirran. Erottimelta itseltään ei vaadita sulkemis- tai katkaisukykyä. Yleensä sähköasemien komponenteista erotin vaatii eniten huoltoa. (Suurjännitetuotteet)

Erotin muodostaa turvallisen avausvälin erotettavan virtapiiriin ja muun laitoksen välille turvallista työskentelyä varten. Kuvassa 8. on tyypillinen erotin.

Erottimen avaaminen ja sulkeminen tapahtuu pääosin jännitteettömänä. Erotinten ohjaus toteutetaan yleensä käsi-, moottori- tai paineilmaohjattuna. Moottori- ja paineilmaohjattuna erottimilla on kauko-ohjaus, jota käytetään yleensä sähköaseman valvomosta tai erityisellä kauko-ohjauslaitteistolla pitkienkin matkojen päästä. (Korpinen 1998 9.6.2.)



KUVA 8. Erotin. (Kuvannut: Olli Kosonen)

Erottimen tunnistaa kontaktiveitsistä, jotka avautuessaan luovat visuaalisesti havaittavan avausvälin erotettavan virtapiirin ja muun laitteiston välille.

4.2.2 Mittaus- ja suojauslaitteet

Suojareleiden tehtävänä on varmistaa, että vian sattuessa vika saadaan mahdollisimman nopeasti ja selektiivisesti eristettyä muusta verkosta. Releet tarkkailevat verkon tilaa ja ohjaavat katkaisijoita ja hälytyksiä. Rele-suojausta käytetään keskijänniteverkossa ja sitä suuremmilla jännitetasoilla. Relesuojauksen toiminnan on oltava selektiivistä, eli vian sattuessa mahdollisimman pieni osa verkosta jää pois käytöstä. Toiminnan on oltava kattava ja toimittava riittävän herkästi niin, että koko järjestelmä on aukottomasti suojattu. Relesuojauksen on oltava yksinkertainen, mahdollisimman käyttövarma ja käytettävyydeltään hyvä. Suojauksen koestus on pystyttävä suorittamaan käyttöpaikalla.

(Korpinen 1998, 5.6)

Suojareleitä on useita erilaisia moniin eri tarkoituksiin. Yleisimpiä suojauslaitteita ovat ylivirtareleet, distanssireleet, nollavirtareleet, suunnatut maasulkureleet, differentiaalireleet, jälleenkytkentäreleet, tahdissaolon valvojat, automaattitahdistimet, taajuusreleet, kisko-suojauslaitteet ja katkaisijavikareleet. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Ylivirtareleisiin lukeutuvat vakioaikaylivirtarele ($I>$) ja käänteisaikaylivirtarele (I/t). Ylivirtarele toimii, kun virta ylittää sille asetellun arvon. Rele ei pysty havaitsemaan virran suuntaa, joten se ei ole paras mahdollinen vaihtoehto silmukoidussa verkossa. Vakioaikaylivirtarele ($I>$) havahtuu kun mittausvirta ylittää asetteluarvon ja toimii kun se on ollut havahtuneena asetteluajan. Kun virta alittaa asetteluarvon riittävästi, rele palautuu. Käänteisaikaylivirtareleen (I/t) toimintahidastus on virtaan nähden käänteinen. Rele siis laukee vian sattuessa suuret virrat nopeammin kuin pienet. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Distanssirele (Z -rele) havaitsee vian suunnan, joten sitä käytetään usein silmukoidussa verkossa. Silmukoidussa verkossa vikavirta voi tulla mistä suunnasta tahansa, tällöin ylivirtareleillä ei voi toteuttaa tehokasta suojausta. Distanssirele laskee impedanssin suojattavan johdon virran ja johdon alkupään jännitteen avulla. Impedanssin avulla rele päättää vikavirran suunnan. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Nollavirtarele (I_0 -rele) on ylivirtarele, joka kytketään virtamuuntajien toisiokäämeihin. Rele mittaa vaihevirtojen summavirtaa ja toimii maasulkusuojauksessa. Nollavirtarele ei kykene havaitsemaan vikavirran suuntaa. Suunnattu maasulkurele (Q_0 -rele) on nollavir-

tarele, joka vikavirran lisäksi pystyy havaitsemaan myös virran suunnan käyttämällä hyväksi nollavirran ja nollajännitteen välistä vaihekulmaa. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Differentiaalirele (*D-rele*) eli erovirtarele toimii, kun suojustavan kohteen tulevien ja lähtevien virtojen erotus on suurempi kuin releeseen aseteltu arvo. Kun ulkopuoliset vikavirrat tulevat suojausalueelle, virtojen erotus kasvaa ja rele toimii. Tavallisimmin differentiaalireleen toiminta-aika on 30 ms eikä siihen aseteta hidastusta. Differentiaalirele on muuntajan tärkein suojustarele ja sitä käytetään myös usein kiskoston suojustuksessa. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Jälleenkytkentäreleitä käytetään vain avojohtojen suojustuksessa. Kun jokin suojustareleistä lähettää katkaisijalle avauskäskyn ja samanaikaisesti jälleenkytkentäreleelle toimintakäskyn, jälleenkytkentärele kytkee katkaisijan takaisin kiinni automaattisesti asetellun ajan jälkeen. Jälleenkytkentärele voi olla joko erillinen rele tai integroituna johonkin laukaisevaan suojustareleeseen. Pikajälleenkytkentä (PJK) tehdään lyhyen ajan jälkeen. Jos vika ei ole poistunut PJK:n jälkeen, suoritetaan vielä aikajälleenkytkentä (AJK). Jos vika ei edelleenkään ole poistunut AJK:n jälkeen, jätetään verkko jännitteettömäksi, kunnes vika on korjattu. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Ohimenevät viat (esim. salaman isku) aiheuttavat suurimman osan avoverkkojen vioista. Nämä viat poistuvat, kun johto tehdään hetkeksi jännitteettömäksi. Suojustareleet on varustettu jälleenkytkentä- automatiikalla, joka ohjaa katkaisijan auki vian tultua ja takaisin kiinni asetellun väliajan kuluttua (0.2-0.5 s.) kuluttua. Tätä kutsutaan pikajälleenkytkennäksi (PJK). Jos vikaa ei saada poistettua PJK:lla, rele ohjaa katkaisijan jälleen auki. Tällä kertaa katkaisu kestää asetuksesta riippuen 30 – 180 sekuntia. Tätä kutsutaan aikajälleenkytkennäksi (AJK). Jos vika ei edelleenkään korjaannu, suoritetaan laukaisu, jonka jälkeen katkaisija jää auki, kunnes vika on saatu korjattua.

(Korpinen 1998 5.6)

Tahdissaolon valvojaa käytetään automaattisessa jälleenkytkennässä ja käsin ohjauksessa, kun varsinaista tahdistinta ei ole käytössä. Valvoja sallii katkaisijan kiinniohjauksen, jos katkaisijan molemminpuoliset jännitteet ovat tahdissa, eli niillä on toisiaan vastaavat amplitudi-, vaihekulma- ja taajuusarvot. Taajuusrele mittaa verkon taajuutta ja toi-

mii kun taajuus poikkeaa riittävästi asetteluarvosta. Taajuusrelettä käytetään tehonvajaus-suojauksessa ja johdonvarsigeneraattorien irrottamiseen verkosta, kun johdolla on vika. Kiskosuojarele (KSR) on differentiaalirele, joka mittaa ja vertailee kiskoon tulevien ja lähtevien virtojen eroa. Jos asetteluarvo ylittyy, rele laukaisee kaikki vialliseen kiskoon liitetyt katkaisijat. Katkaisijavirtarele (KVR) on kiskosuojaukseen kuuluva ylivirtarele. Jos katkaisijan virtamuuntajien kautta kulkeva virta ei katkea asetellussa ajassa, katkaisijavirtarele laukaisee kaikki kyseiseen kiskoon liitetyt katkaisijat. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 5.6.)

Mittamuuttajat tehtävänä on mahdollistaa suurten jännitteiden ja virtojen mittaus. Tämä mahdollistetaan tekemällä korkeista jännitteistä erotettuja ja helposti mitattavia suureita mittamuuntajien avulla. Mittamuuntajan luomat suureet ovat erittäin tarkkoja jäljennyksiä siirtoverkossa kulkevista jännitteistä ja virroista (amplitudi ja vaihe-ero). (Instrument Transformers.).

Sähkönjärjestelmässä mittamuuntajia käytetään mittaus- ja suojauskäyttöön. Ne muuntavat jännite- ja virtasuureet primääripiiristä sähkömittaukselle ja suojalaitteistolle sopivalle tasolle. Mittamuuntajilla saadaan aikaan myös galvaaninen erotus ensiö- ja toisiopiirien välille. Mittamuuntajat helpottavat suureiden mittauksia huomattavasti, sillä mittareiden ja releiden rakentaminen suurille virroille on hankalaa. (Korpinen 1998 9.3.)

Virtamuuntajalla pystytään muuntamaan primääripiirin suuri virta toisiopiiriä varten pienemmäksi. IEC-standardi 60044-1 jakaa virtamuuntajat käyttötarkoituksensa perusteella kahteen luokkaan: mittaus- ja suojausvirtamuuntajiin. Suojaus- ja mittausvirtamuuntajat poikkeavat toisistaan vaatimuksiltaan ja mitoitukseltaan. Samassa virtamuuntajassa voi olla monta erilaista toisiokäämiä, sillä toisiokäämit eivät häiritse toisiaan. Suojaus ja mittaus tarkoituksia varten ei siten tarvita erillisiä virtamuuntajia, vaan erilaiset toisiokäämit riittävät.

(Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 3.4.)

Jännitemuuntaja erottaa galvaanisesti ensiö- ja toisio-piirin toisistaan ja samalla muuntaa ensiöpiirin jännitteen toisiopiirille sopivaksi. Jännitemuuntajan ominaissuureet on esitetty IEC-standardissa 60044-2. Virtamuuntajien tavoin jännitemuuntajat on jaettu käyttötarkoituksen perusteella suojaus- ja mittausmuuntajiin. Jännitemuuntajat valmistetaan tavallisesti yksivaiheisiksi. Ne voivat olla toimintaperiaatteeltaan joko induktiivisia tai

kapasitiivisia. Alle 245 kV käyttöjännitteellä käytetään yleensä induktiivisia jännitemuuntajia. Tätä suuremmilla jännitteillä kapasitiivisen jännitemuuntajan käyttö tulee edullisemmaksi.

(Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 3.4.)

Kuvassa 9. näkyy vasemmalla puolella virtamuuntaja ja oikealla jännitemuuntaja. Virtamuuntaja kytketään sarjaan suhteessa johtimeen. Sarjakytkennän vuoksi virtamuuntajan tunnistaa johdon kahdesta liittymispisteestä, tulosta ja lähdöstä. Jännitemuuntaja kytketään rinnan, joten liittymispisteistä on vain yksi.



KUVA 9. Mittamuuntajat. Oikealla virtamuuntaja (Kuvannut: Janne Määttä) ja vasemmalla jännitemuuntaja (Kuvannut: Jouko Järvinen).

4.2.3 Ylijännitesuojaus

Ylijännitesuojien avulla pyritään rajaamaan verkostossa esiintyvät ylijännitteet sellaiselle tasolla, että ne eivät vahingoita arvokkaita komponentteja tai vaaranna verkon häiriötöntä käyttöä. Ylijännitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: voimakkaasti vaimenevat *transienttiylijännitteet* ja vaimenemattomat tai heikosti vaimenevat pientaajuiset *ylijännitteet*. Transienttiylijännitteet voidaan edelleen jakaa loiviin, jyrkkiin ja erittäin jyrkkiin transienttiylijännitteisiin. Pientaajuiset ylijännitteet ja loivat transienttiylijännitteet syntyvät tavallisimmin kytkentäoperaatioiden yhteydessä ja verkon tilan muutoksista. Tyypillisiä aiheuttajia ovat maasulut, kuorman äkillinen poiskytkentä, sekä resonanssi ja epälineaaristen verkkokomponenttien vaikutukset. Jyrkät transienttiylijännitteet syntyvät yleensä

ukkosesta johtuvien salamapurkauksien aiheuttamina. Salamapurkaus iskee joko suoraan avojohtoon tai sen välittömään läheisyyteen. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 1.1.)

Pientaajuisten ylijännitteiden ja loivien transienttiylijännitteiden suuruus voidaan minimoida verkon suunnittelulla esim. verkon tehokkaalla maadoituksella, riittäväällä reaktoriitännällä ja jännitteensäätölaitteistolla. Jyrkkien transienttiylijännitteiden suuruutta rajoitetaan sekä avojohtoverkossa että kytkinasemilla. Kuvassa 10. näkyy vasemmalla puolella venttiilisuoja ja oikealla ukkosjohdin. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 1.2.)



Kuva 10. Vasemmalla venttiilisuoja (Kuvannut: Janne Määttä) ja oikealla avojohtoverkossa käytettävä ukkosjohdin (Fingrid).

Kytkinasemilla tärkein ylijännitteiden rajoitin on venttiilisuoja, jolla suojataan etenkin kalliit ja pitkäaikaista korjausta vaativat laitteet, kuten muuntajat. Avojohtoverkossa käytetään usein ukkosjohtimia ja näiden edellyttämiä pylväsmadoituksia. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 1.2.)

4.2.4 Tehomuuntaja

Tehomuuntajaa (myös päämuuntaja) käytetään muuntamaan jännite tilanteesta riippuen sopivaksi joko voimansiirtoon, jakeluun tai kulutukseen. Yleisimmät kantaverkossa käytettävät siirtojännitteet ovat 110, 220 ja 400 kilovolttia. Tehomuuntaja on yleensä sähköaseman kallein yksittäinen laite. Kuvassa 11. näkyy 25MVA päämuuntaja. (Teho- ja mitamuuntajat.)



KUVA 11. 110/20kV 25MVA päämuuntaja. (Valokuvaaja Janne Määttä)

Muuntajan toiminta perustuu muuntajan rautasydämessä ja käämityksissä tapahtuvaan sähkömagneettiseen induktioon. Induktiossa teho pyrkii pysymään vakiona ensiö- ja toisiopuolilla, mutta jännite ja virta muuttuvat. Prosessi aiheuttaa kuitenkin häviöitä, sillä osa tehosta häviää lämpönä ympäristöön. Häviöistä aiheutuvasta lämmöstä johtuen muuntajan rautasydän ja käämit rakenteineen on upotettu muuntajaöljyyn. (Korpinen 1998, 9.5)

4.3 Sähköaseman apusähköjärjestelmät

Apusähköjärjestelmä on nimitys kokonaisuudelle, joka syöttää aseman ohjaus-, suojaus- ja valvontajärjestelmiä. Apusähköjärjestelmä on osa sähköaseman toisiojärjestelmää. Ensiö- ja toisiopuolen laitteet kuten kytkimet ja suojareleet saavat käyttöenergiansa apusähköjärjestelmästä. Jotta kantaverkko toimisi suunnitellusti, apusähköjärjestelmän on toimittava myös sähkökatkon aikana. Riittävän korkean käyttövarmuuden saavuttamiseksi apusähköjärjestelmä on toteutettu kahdennettä, joten se on redundanttinen. Redundantisessa järjestelmässä yksiköitä on asennettu rinnakkain enemmän kuin normaali toiminta vaatii. Tällöin yksittäisen yksikön vikaantuminen ei vaaranna järjestelmän toimintaa. Apusähköjärjestelmä voidaan jakaa edelleen vaihtosähköjärjestelmään eli omakäyttöjärjestelmään, sekä tasasähköjärjestelmään. (Ryynänen 2016, Kappale 2.)

Vaihtosähköjärjestelmä koostuu 400 V:n kolmivaiheisesta pääjärjestelmästä sekä 230 V:n yksivaiheisesta järjestelmästä. Vaihtosähköjärjestelmä saa sähkönsä omakäyttömuuntajalta joka voi olla erillisessä tilassa sähköasemalla tai integroituna päämuuntajaan. Vaihtosähköjärjestelmän sähkönsyöttö on kahdennettu ja asemilla on varasyöttöä varten varasyöttömuuntaja, jota syöttää toinen sähköasema. Varasyötön tulee siis olla riippumaton sen aseman tilasta, josta omakäyttökojeistoa normaalisti syötetään. Omakäyttöjärjestelmään kuuluu kaikki asemalla tarvittava 230/400 V:n vaihtosähkö. Normaalisissa sähkönjakelutilanteissa ilman häiriöitä aseman lämmitys, yleisvalaistus ja muut normaalit kiinteistön yleissähköt tulevat aseman omakäytöstä. Omakäyttökeskus syöttää kiinteistön kuormien lisäksi normaalissa käyttötilanteessa aseman tasasuuntaajia, eli tasasähköjärjestelmää. (Siivonen 2007, Kappale 2.)

Tasasähköjärjestelmä saa energiansa tasasuuntaajalla syötetystä akusta. Akustona käytetään tyypillisesti suljettua akustoa, niiden tehotehoisuus on hyvä ja lyhyillä purkausajoilla akun kapasiteetti on hyvin käytettävissä. (ST-Käsikirja 20.) Sähköverkon vikatilanteen aikana tasasähköjärjestelmä pitää yllä tärkeiden laitteiden toiminnan, esim. katkaisijoiden ohjaaminen. Tasasähköjärjestelmää tarvitaan myös suojarleiden toimintaan. Pelkkä toisjärjestelmän suojarle ei pysty ilman tasasähköjärjestelmää avaamaan katkaisijaa, jonka ohjaaminen on sen tehtävä. Tasasähköjärjestelmässä toimii myös hälytys- ja raportointikeskuksia, jotka mahdollistavat vikatilanteiden tunnistamisen ja ehkäisemisen. Akkujen rajallisen kestoisuuden takia käytetään usein akuston ja tasasuuntaajan kahdenusta, jolloin toisen kapasiteetti riittää relesuojauksen toiminnan takaamiseen. (Siivonen 2007, Kappale 3.)

5 Standardit ja vaatimukset

Suomessa on käytössä kansainväliset standardit IEC (International Electrotechnical Commission) ja CENELEC (European Committee For Electrotechnical Standardization) tai vaihtoehtoisesti kansainvälisten standardien pohjalta laadittuja kotimaisia SFS (Suomen Standardisoimisliitto)-standardeja. Useimmiten kotimainen SFS-standardi on samanlainen kuin kansainväliset standardit, mutta pieniä eroja aiheuttaa se, että monissa maissa on käytössä 60 Hz verkko ja toisenlaisia standardijännitteitä ja virtoja. Näiden standardien lisäksi asiakasyhtiöillä on useasti yhtiökohtaisia vaatimuksia dokumentaation laatimisessa. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 2.2.)

Yli 1 kV vaihtojännitteellä toimivien sähköasennusten suunnittelua ja rakentamista koskevat vaatimukset on annettu SFS-standardissa 6001. Standardi koskee uusia rakennuksia ja käytössä olevien suurjänniteasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustöitä. Standardien avulla pidetään huolta, että sähköverkon rakenne ja toiminta pysyvät turvallisena ja asianmukaisena. Sähköasennuksiin luetaan kuuluvaksi paitsi varsinaiset sähköasennukset, myös sähköasemat ja niiden erilaiset laitteet, johdot, ohjauslaitteet, maadoitusjärjestelmät sekä sähkötilan ympäristöstä erottavat aidat ja muut rakennukset. SFS 6001 on tullut voimaan vuonna 2001. Sen vaatimukset eivät vaikuta aikaisempiin asennuksiin, joten standardin voimaantuloa hetkellä käytössä olleita asennuksia voi vielä käyttää, jos ne täyttävät rakennushetkellä käytössä olleet vaatimukset. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 2.2.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 1193/1999, on annettu sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevat viranomaismääräykset. Päätöksen mukaan Turvatekniikan keskus (Tukes) on vahvistanut luettelon tärkeistä turvallisuusvaatimuksista standardien mukaisesti Tukes-ohjeessa S10-2000 (-TUKES 2000). Käytännössä voidaan todeta, että laitteiston turvallisuusvaatimukset täyttyvät automaattisesti, kun laitteisto täyttävät kansainvälisissä IEC- ja CENELEC-standardeissa asetetut vaatimukset. Standardin SFS-6001 keskeisemmät ohjeistukset ovat: jännitteisten osien ilmvälit, turvatoimenpiteet, maadoitusjärjestelmät, valokaaren aiheuttamilta vaaroilta suojautuminen, tulipalolta suojautuminen sekä apu- ja ohjausjärjestelmien vaatimukset. (Elovaara & Haarla. 2011. Kappale 2.2.)

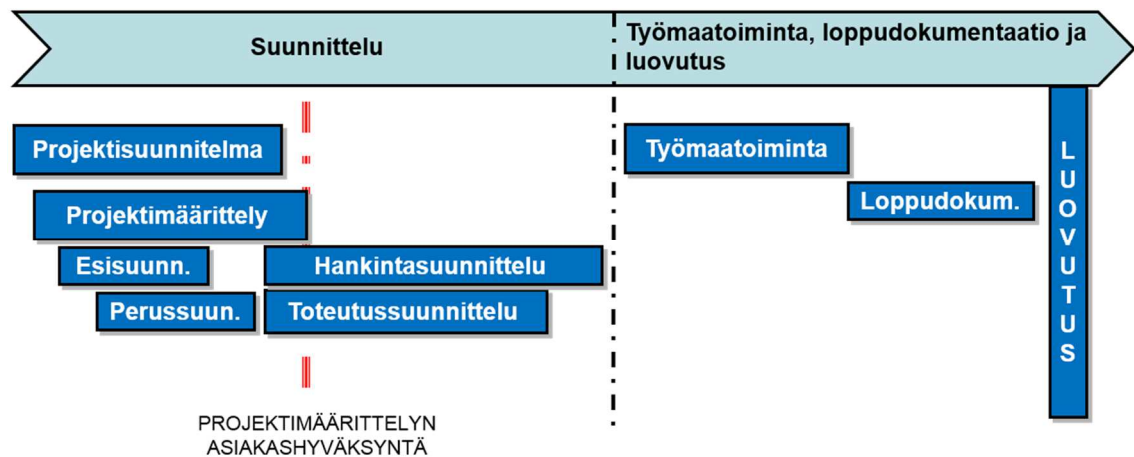
6 Projektin suunnittelu

Suunnittelu on työvaihe, jossa projektitoimittaja sopii asiakkaan kanssa projektin tavoitteista ja sisällöstä, toteutustavoista ja resursseista sekä muista toteutuksen yksityiskohdista. Projektin suunnittelua toteutetaan usein rinnakkain projektin myynnin sekä teknisen ja taloudellisen analyysin kanssa. Näitä elementtejä voidaan pitää osana suunnittelua. (Artto, Martinsuo & Kujala. 2006. Kappale 4.)

Hyvin toteutettu suunnittelu luo perusteet kustannustehokkaalle ja laadukkaalle projektille. Suunnittelukustannukset ovat karkeasti arvioiden 10 % kokonaiskustannuksista. Kuitenkin suunnittelussa määrätään noin 90 % projektin kustannuksista. Projektin suurimpia kustannuseriä ovat yleensä henkilöstökulut ja materiaalikustannukset. (Projektinhallintakurssi 2006)

6.1 Suunnitteluprosessi

Alten on laatinut tarkat ohjeet projektin läpiviemiselle. Ohjeiden tehtävänä on yhtenäistää, tehostaa ja selkeyttää kokonaisuuden hallintaa. Kuvassa 12 on esitetty tyypillinen Altenin sähkösuunnittelu projektin aikajana.



KUVA 12. Sähkösuunnittelu projektin aikajana(Alten)

Projektisuunnitelman ja projektimäärittelyn teko on yksi projektin tärkeimmistä vaiheista. Projektisuunnitelma on Altenin sisäinen suunnitelma projektin toteutuksesta. Projektimäärittelyn tehtävänä on asettaa tarkat rajat siitä mitä projektissa kuuluu Altenin vastuupiiriin ja mikä asiakkaan vastuulle. Projektimäärittelyssä tulee määrittää eri osapuolten vastualueet, aikataulu ja työn toteutuksen pääpiirteet. (Teollisuussähköistys tehtävät ja dokumentit.)

Esisuunnittelu ja perussuunnittelu pyrkivät luomaan mahdollisimman hyvät edellytykset varsinaiselle suunnittelutyölle. Esisuunnittelussa tavoitteena on luoda edellytykset investointipäätökselle. Sähkösuunnittelun kannalta selvitetään sähköenergian tarve, hankintatavat, jakeluverkon rakenne, oikosulkutehot, tilantarpeet ja laaditaan kustannusarviot mahdollisesti useillekin vaihtoehdoille. Perussuunnittelussa laaditaan dokumentit, joita tarvitaan suoritettavien sähkölaitehankintojen ja asennusten teknisissä määrittelyissä. Lähtötietoina ovat esisuunnittelun dokumentit ja prosessin päälaitetoimittajilta sekä muilta suunnittelijoilta saatavat tiedot. (Teollisuussähköistys tehtävät ja dokumentit.)

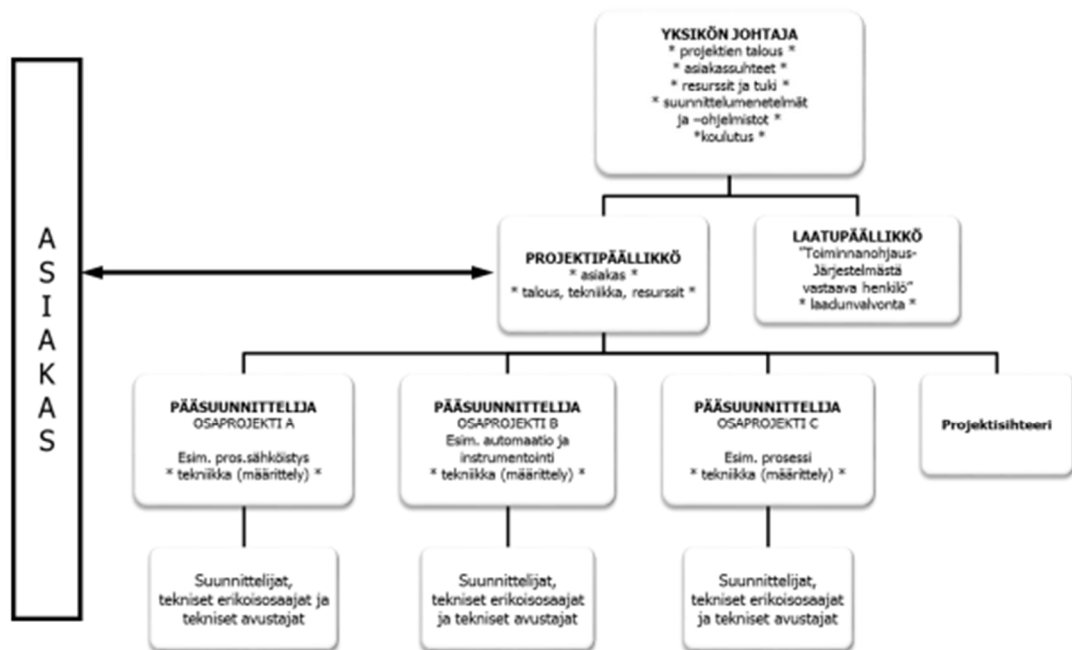
Hankinta- ja toteutussuunnittelussa laaditaan varsinainen dokumentointi ja laitetilaukset. Hankintasuunnitteluvaiheessa laaditaan laitteiden ja asennusten tarjouspyynnöt. Tarjouspyynnöt laaditaan yleensä yhteistyössä projektin osto-organisaation kanssa ja sen tulee olla yhteneväinen muiden suunnittelualojen kanssa. Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan dokumentit, joita tarvitaan sähkölaitteiden valmistusta ja asennusta varten. Kunnosapitodokumentointi laaditaan käyttöönoton jälkeen pääosin näiden dokumenttien pohjalta. Työmaatoiminta käsittää mahdollisen asennusvalvonnan ja käyttöavun. Työmaatoiminnan jälkeen dokumentit tarkastetaan, hyväksytään ja luovutetaan asiakkaalle. Lisäksi loppudokumentaatio arkistoidaan yrityksen sisällä. (Teollisuussähköistys tehtävät ja dokumentit.)

6.2 Suunnitteluorganisaatio

Alten Finlandin suunnitteluorganisaatio muodostuu projektipäälliköstä, pääsuunnittelijoista, suunnittelijoista ja teknisistä avustajista. Projektiryhmä valitaan kuhunkin projektiin erikseen ja puretaan projektin jälkeen. Pienissä projekteissa projektiorganisaatio voi koostua pelkästään projektin hoitajasta tai projektipäälliköstä. (Projektiorganisaatio.)

Kuvassa 13. näkyy esimerkki suurehkon projektin organisoinnista. Projekti on jaettu moneen osaprojektiin, joista jokaisella on oma pääsuunnittelija. Osaprojekteja voivat olla esimerkiksi automaatio ja sähköistys. Kuvan organisaatiossa asiakasrajapinnassa toimii pääasiassa projektipäällikkö.

Projektiorganisaatio



KUVA 13. Projektiorganisaatio (Alten)

Projektipäällikön tehtävänä on vastata projektin taloudellisesta, teknisestä ja ajallisesta onnistumisesta. Projektipäällikkö raportoi yksikön tai osaston johtajalle. Projektiin osallistuvat henkilöt ovat operatiivisesti projektipäällikön alaisia riippumatta heidän hallinnollisesta asemastaan. Projektipäällikön tulee pitää huoli, että projekti etenee teknisesti ja taloudellisesti tehdyn budjetin ja sopimuksen mukaisesti. Muita projektipäällikön tehtäviä ovat yhteydenpito asiakkaan kanssa, aikataulukon, resurssien jako ja seuranta. (Projektiorganisaatio.)

Pääsuunnittelija on projektitehtävissä projektipäällikön alainen. Pääsuunnittelijan vastuulla on projektikokonaisuuden tekninen sisältö, työsuojelulakiin perustuvat vastuut, aikataulukon noudattaminen ja suunnitelmien tilan viestiminen projektipäällikölle. Kaikki asiakkaalle lähtevä materiaali kulkee normaalisti pääsuunnittelijan kautta. Pääsuunnittelijan valtuudet asiakkaan suhteen riippuvat projektista. Tarpeen vaatiessa pääsuunnittelija voi toimia projektipäällikön sijaisena. (Projektiorganisaatio.)

Projektiin nimetty suunnittelija on projektin laajuudesta riippuen joko projektipäällikön tai pääsuunnittelijan alainen. Suunnittelijan vastuulla ovat sovitut tekniset kokonaisuudet, työsuojelulakiin perustuvat vastuut ja projektista riippuen asiakkaan kanssa viestiminen.

Suunnittelijan on huolehdittava että hänen esimiehensä on perillä suunnitelmien tilasta. (Projektiorganisaatio.)

6.3 EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8 on Saksalaisen EPLAN Software & Service yrityksen kehittämä tietokantapohjainen sähkösuunnitteluohjelmisto, joka sisältää useita automatisoituja toimintoja. Tietokannan ja automatisoitujen toimintojen vuoksi Electric P8 sopii hyvin piirikaavioiden laatimiseen. Ohjelma tukee kansainvälisiä standardeja, kuten Euroopassa käytettävää IEC:tä ja Yhdysvalloissa käytettävää NFPA:ta. Ominaisuuksiin kuuluu automaattinen standardien muunto, joka pystyy muuttamaan IEC-standardin mukaan tehdyt dokumentit toisen tuetun standardin mukaiseksi. Electric P8:ssa lähes kaikki sähkösuunnittelussa tarvittavat työkalut on automatisoitu. Automatisoituja työkaluja ovat muun muassa kaapeliluettelojen laatiminen, osatietojen lisääminen ja erilaisten raporttien luominen. Graafinen käyttöliittymä on konfiguroitavissa käyttäjän toiveiden mukaisesti. (Tietoja meistä.)

6.4 Sähkösuunnittelun keskeisimmät dokumentit

Sähkösuunnittelussa työn dokumentointi on erityisen tärkeää ja tulee hoitaa hyvin. Ilman kunnollista dokumentaatiota, vanhojen sähköasennusten korjaaminen tai uusiminen on erityisen työlästä. Huonosti hoidettu dokumentointi voi pahimmillaan aiheuttaa jopa turvallisuusriskejä. Jokaisesta kohteesta tulisi löytyä käyttödokumentit, eli joukko piirustuksia ja muita asiakirjoja. Käyttödokumentit mahdollistavat kohteen turvallisen käytön, huollon ja kunnossapidon. Sähkötekniikan osalta standardi SFS 6000:2007 kohdassa 132.13 mainitaan ”tarpeelliset dokumentit”, joiden avulla voidaan määrittää mitä dokumentteja kuuluu käyttödokumentteihin. Sähkötekniikan käyttödokumentit ovat: asemapiirros, asennuspiirustus, keskuskuvat ja järjestelmäkaaviot. (Dokumenttivaatimukset selkiytyvät.)

Asennuspiirustus ja asemapiirros ovat rakennusten tasokuvien pohjalta laadittuja sijaintipiirroksia. Asemapiirros esittää pääkeskuksien ja keskijännitekojeistojen sijainnin. Asemapiirroksesta selviää myös kaapeleiden tyypit, kaapeleilla syötettyjen laitteiden sijainti, teleteknisten laitteiden sijainti ja sähkölaitteiden sijainti. Asennuspiirroksesta selviää ko-

jeiden ja laitteiden sijoitus, kaapelireittien tarvitsemat hyllyt ja kiskot tyyppineen, sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmän johdotukset sekä keskuksen pääkaaviota vastaavat ryhmätunnukset verkkojännitteisille ryhmille. (Dokumenttivaatimukset selkiytyvät.)

Keskuskuvat sisältävät pääkaavion, piirikaaviot, kokoonpanopiirustuksen ja keskuksen kojeluettelon. Pääkaavio on sähkösuunnittelun pohjana toimiva peruskaavio, jossa on esitetty jännitteen pääjakelu, pääkomponentit ja niiden tekniset tiedot. Pääkaaviossa johdot on esitetty yksiviiva-esityksenä. Liitteessä 1. on esitetty 110/20 kV sähköaseman pääkaavio. Piirikaavio on liitántäulukko, josta käyvät ilmi kojettunnukset, liitinnumeroinnit, johdinkytkenät ja ohjauskomponenttien tiedot. Liitteessä 2. on piirikaavio, joka kuvaa 110 kV erottimen ohjausta suojareleen apukoskettimilla. Kokoonpanokuva ilmenee fyysiset mitat ja komponenttien sijainnit. Liitteessä 3. on esitetty erään rivitalon jakokeskuksen kokoonpanokuva. Keskuksen kojeluettelosta selviää kojeiden maahantuojat, valmistajat, tyyppi ja ominaisuudet. Järjestelmäkaaviot ovat yleiskaavioita joista ilmenevät maadoitusten toteutus, pää- ja nousukaavio johtotyyppineen, kaapelireitit ja pienjännitepuolen järjestelmät. (Dokumenttivaatimukset selkiytyvät.)

Muita sähköasemien kannalta tärkeitä sähköteknisiä dokumentteja ovat suojauskaavio, poikkileikkauskuva ja kaapeliluettelo. Suojauskaaviossa selviää katkaisijoiden releohjaus, suojareleiden mittaus- ja valvonta, hälytysten toimintaperiaatteet ja muut suojaustekniset tiedot. Poikkileikkauskuva esittää periaatteellisesti sähköaseman kytkinkentän ja sen tarkoituksena on osoittaa tärkeät mitat esim. huoltotie. Kaapeliluettelo esittää jokaisen johtimen alku- ja loppuosoitteen lisäksi kaapeli/johdin tyyppin. (Haastattelu Jussi Wallin, Altenin yksikönjohtaja 3.10.2017)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa kevytsähköasemista sekä niiden suunnitteluun liittyvistä standardeista ja niiden pohjalta laatia mallikirjasto toimeksiantajalle. Mallikirjaston avulla parannetaan toimeksiantajan tuottavuutta kevytsähköasemaprojekteissa. Kevytsähköasemat ovat konseptina uusi, joten niihin liittyvää materiaalia ei juurikaan ollut saatavilla. Kevytsähköasemat ovat kuitenkin sähköiseltä toteutukseltaan ja vaatimuksiltaan hyvin samanlaisia kuin tavalliset sähköasemat, joten aiheeseen pystyy perehtymään tutkimalla tavallisia sähköasemia.

Suunnittelu on yksi kevytsähköasemaprojektin tärkeimmistä työvaiheista. Opinnäytetyössä selvisi kaksi keinoa parantaa kevytsähköasemaprojektin suunnitteluprosessia: projektimäärittelyyn panostaminen ja mallikirjaston laatiminen, opinnäytetyössä keskityttiin jälkimmäiseen. Opinnäytetyössä kerättyjen tietojen pohjalta laadittavan mallikirjasto nopeuttaa toimeksiantajan suunnitteluprosessia. Mallikirjaston laatiminen oli mahdollista, sillä kevytsähköasemien sähköinen toteutus on hyvin samankaltainen projektista riippumatta. Mallikirjasto koostuu yleisimmistä kevytsähköasemissa käytettävistä komponenteista ja piireistä. Valmiiksi tehdyn mallikirjaston ansiosta ei kevytsähköasema projekteissa suunnittelua tarvitse aloittaa alusta, vaan mallikirjasto toimii pohjana. Tällä tavalla suunnitteluprosessista saadaan nopeampi. Toinen tapa parantaa projektin läpivientiä on panostaa projektimäärittelyyn, jossa asetetaan tarkat rajat osapuolten vastuupiireistä. Projektimäärittelyssä tulisi selvittää mikä osapuoli on vastuussa mistäkin suunnitteluvaiheesta. Jos projektimäärittelyä ei hoideta kunnolla, voi osapuolten välillä tulla riitaa vastuista. Tämä vaikeuttaa budjetin ja aikataulun laatimista, sekä luo kitkaa osapuolten välille.

Lopuksi voidaan todeta, että viranomaissääntely koskien sähkön toimintavarmuutta tulee todennäköisesti kiristymään, sillä laitteiden häiriöherkkyys kasvaa. Viranomaisten vaatimusten kasvaessa sähköyhtiöiden on pystyttävä kehittämään sähköverkon luotettavuutta. Kevytsähköasemat tarjoavat tähän ratkaisun todennäköisesti myös tulevaisuudessa, sillä niiden rakentaminen on kustannustehokas ratkaisu toimintavarmuuden parantamiseksi.

LÄHTEET

ABB 2000-07. TTT-käsikirja. Viitattu 24.10.2017. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/10_1_Mittaus-%20ohjaus-%20ja%20suojalaitteet.pdf

Alten Finlandin Yksikönjohtajan Jussi Wallin haastattelu 3.10.2017.

Artto, Martinsuo & Kujala. 2006. Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY. Viitattu 1.11.2017.

Dokumenttivaatimukset selkiytyvät. Sähköalan www-sivu. Viitattu 10.10.2017 http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/saadokset_ja_maaraykset/fi_FI/dokumentointi/

Elovaara & Haarla. 2011. Sähköverkot 2. Helsinki: Otatieto. Viitattu 10.11.2017 <http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>

Instrument Transformers. Trenchin www-sivusto. Viitattu 21.9.2017. <http://www.trenchgroup.com/en/Products-Solutions/Instrument-Transformers/Instrument-Transformers>

Kettunen. 2007. Kuhmalahden alueen sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantaminen. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9835/Kettunen.Ossi.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Lakervi & Partanen. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto. Viitattu 25.9.2017.

Leena Korpinen. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Viitattu 11.10.2017.

Projektinhallintakurssi 2006. Helsingin yliopisto. Viitattu 2.11.2017. <http://www.ling.helsinki.fi/kit/2006k/clt310pro/suunnittelu/resurssit.shtml>

Projektioorganisaatio. Altenin sisäinen julkaisematon materiaali. Viitattu 2.10.2017.

Ryynänen. 2016. Kokonaistaloudellisin ratkaisu uusien sähköasemien apusähköjärjestelmän varmentamiseksi. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24267/Ryynanen.pdf?sequence=1>

Siivonen. 2007. Sähköaseman apusähköjärjestelmät. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.10.2017. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9834/Siivonen.Kalle.pdf?sequence=2>

ST-Käsikirja 20. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. 2005. Espoo: Sähkötieto ry Suomen sähkövoimajärjestelmä. Fingridin www-sivusto. Viitattu 28.9.2017.

Suurjännitetuotteet. Siemensin www-sivusto. Viitattu 20.9.2017. http://www.siemens.fi/fi/energy/sahkon_siirto/suurjannitetuotteet.htm

Sähkösema ja sen tärkeimmät laitteet. Fingridin www-sivu. Viitattu 1.10.2017. <http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCsahkoasema.aspx>

Tehdasvalmisteiset sähköasemat ja kytkemöt. Norelcon www-sivut. Viitattu 19.11.2017. <http://www.norelco.fi/wp-content/uploads/2016/03/NorSwitch2.pdf>

Teho- ja mittamuuntajat. Fingridin www-sivusto. Viitattu 21.9.2017. <http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCteho-ja-mittamuuntajat.aspx>

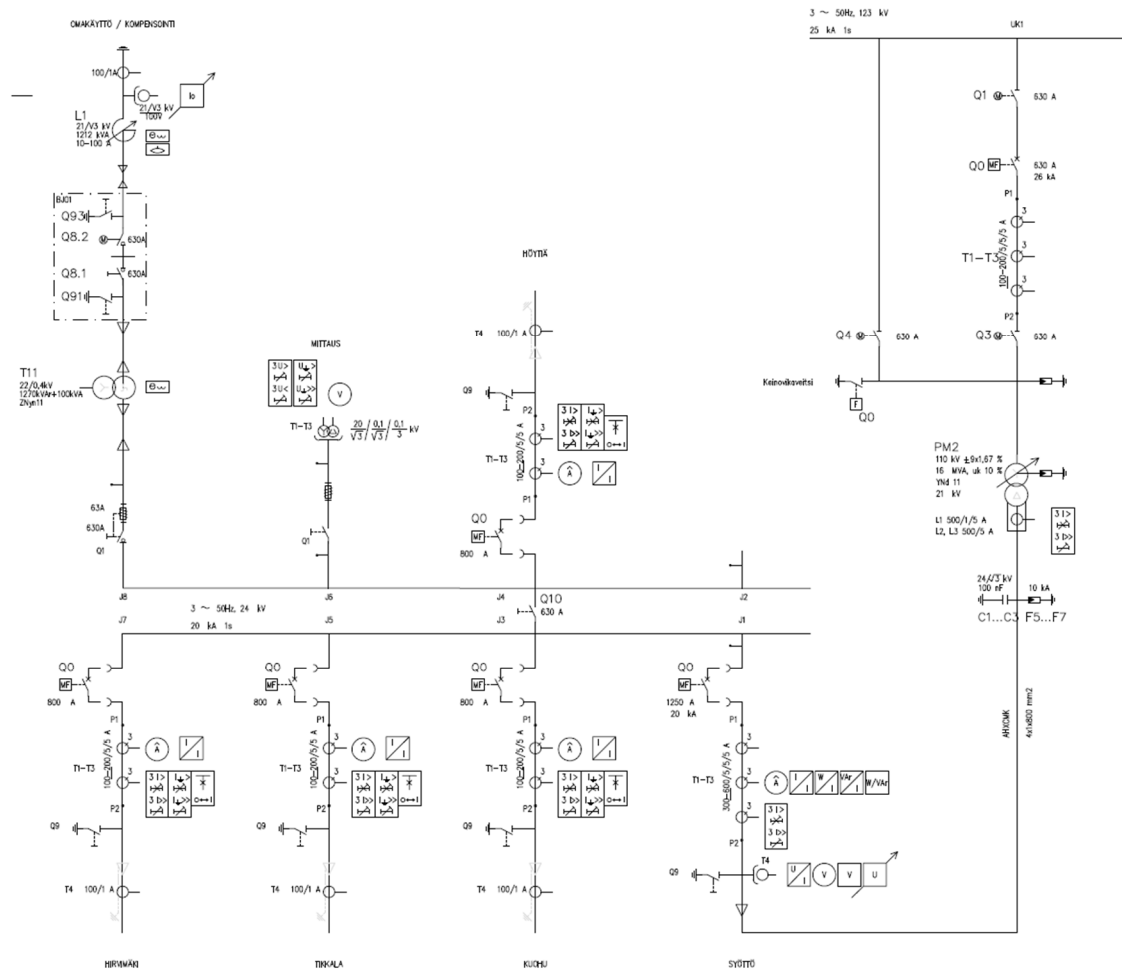
Teollisuussähköistys tehtävät ja dokumentit. Altenin sisäinen julkaisematon materiaali. Viitattu 5.10.2017.

Tietoa meistä 2017. Altenin www-sivusto. Viitattu 26.9.2017. <https://www.alten.fi/tietoa-meista/alten-finland>

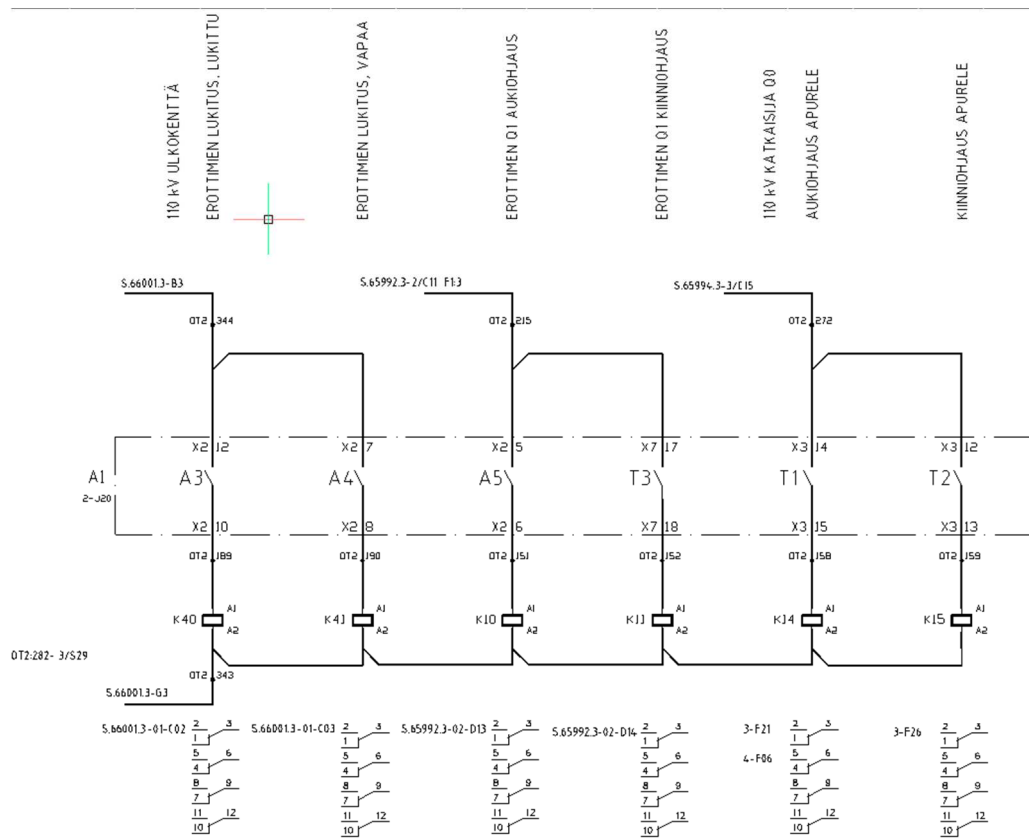
Tietoa Meistä. EPLANin www-sivut. Viitattu 11.9.2017. <https://www.eplan.fi/fi/yritys/tietoja-meista/>

LIITTEET

Liite 1. 110/20 kV Sähköaseman pääkaavio (Alten)



Liite 2. 110 kV erottimen ohjaus suojaalueen apukoskettimilla. (Alten)



Liite 3. Erään rivitalon jakokeskuksen kokoonpanokuva.(Kinnunen)

