



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Julius Thölix

JOHTOLÄHTÖKENTÄN
SUUNNITTELUPROSESSIN
LÄPIVIENNIN NOPEUTTAMINEN

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Julius Thölix
Opinnäytetyön nimi	Johtolähtökentän suunnitteluprosessin läpiviennin nopeuttaminen
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	26 + 2 liitettä
Ohjaaja	Olli Tuovinen

ABB Oy Power Grids Grid Automation toimittaa relesuojaus- ja ohjauspaneeleita sekä kaukokäyttöjärjestelmiä kotimaan sähköasemille ja useisiin vientikohteisiin. Relepaneeli, sisältäen suojaus- ja ohjaustoiminnot, on tärkeä osa sähköasemakokonaisuuksia. Vastuu suojaus- ja ohjausjärjestelmistä sekä muista johtolähtöön liittyvien komponenttien suunnittelusta jakautuu kahdelle eri osastolle. Työn tarkoituksena oli nopeuttaa prosessia eriyttämällä ulkokentän komponenttien piirtäminen relekaapin suunnittelusta, joka sallisi relepaneelien valmistuksen ja tehdaskoestuksen aikaistamisen prosessissa.

Tavoitteena oli luoda E3-suunnitteluohjelmistolla johtolähdön piirikaaviosarja, jossa relekaappi ja ulkokentän kojeet on eriytetty eri lehdille ja niiden välillä käytetään standardoituja viitteitä. Näin aikaansaadaan selkeä ja helppolukuinen lopputulos, jossa osastot voivat suunnitella omat osuutensa toisistaan riippumatta.

ABB:n käytössä oleva E3-ohjelmiston lisenssi ei työn valmistuttua tukenut yhtäaikaista työskentelyä samassa dokumentissa monen suunnittelijan toimesta, mutta piirustustapa nopeuttanee silti kokonaisprosessia. Suunnittelutyön selkeytyminen, tarkemmin määriteltyjen suunnitteluperiaatteiden ja tämän pienentämän virhemahdollisuuden takia, sekä suunnitteluvastualueiden jakautuminen tarkemmin osastojen välillä, tuo itsessäänkin prosessin kulkuun nopeutta.

ABSTRACT

Author	Julius Thölix
Title	Expediting the Design Process of Relay Panels
Year	2016
Language	Finnish
Pages	26+ 2 Appendices
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

ABB Power Grids Grid Integration and Grid Automation Systems product groups offer control and protection solutions for substations worldwide. Grid Systems Grid Integration business unit is in charge of the primary engineering as well as the switchyard components for substation projects. Grid System Grid Automation is responsible for control and protection functions and designing, testing and manufacturing of relay panels. The aim of the theses was to expedite the design process of substations by differentiating the electrical design in two and design relay panels and switchyard components separately. This would make it possible to speed up the process of manufacturing and testing the relay panels as they would be designwise independent from the other components of the substation.

This was done by redrawing the schematic diagrams of a transmission line field and creating its own sheets for the switchyard and distribution cabinet. The signal references were then created to connect the two sub schematics into one complete circuit.

The design software Zuken E3 used by ABB includes the possibility for two designers to work on the same project file simultaneously, but when the thesis was released, there were no active licenses for that. Regardless of the simultaneous editing possibilities the method of designing is prone to speed up the process and most noticeably the departments are able to work only on circuits they are responsible for. Designers will have preconfigured terminal blocks to use and the possibility of error and misunderstanding is minimized.

Keywords E3, relay panel, design, substation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO	8
1 JOHDANTO.....	6
2 YRITYSESITTELY	7
2.1 ABB oy	7
2.2 Power Grids-divisioona	7
2.3 Grid Automation Systems GAS.....	7
3 SÄHKÖASEMA	8
3.1 Sähköasema kokonaisuutena ja osana sähkönjakeluverkkoa	8
3.2 Johtolähtökenttä	9
3.2.1 Ulkokentän komponentit.....	9
3.2.2 Relekaappi.....	11
4 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	12
4.1 Lähtökohdat	12
4.1.1 Projektityöryhmän kokoonpano.....	12
4.1.2 Sähköasemaprojektion eteneminen.....	12
4.1.3 Suunnitteluprosessi opinnäytetyötä tehtäessä	15
4.2 Tavoitteet	16
4.2.1 Riviliitinten ja viitteiden standardointi.....	16
4.2.2 Piirustuskokonaisuuden rakenne ja jako	20
4.2.3 Muutosten vaikutus projektion etenemiseen.....	23
4.2.4 E3-ohjelman edellytykset yhteiskäytölle	23
5 YHTEENVETO	24
5.1 Piirikaaviosarjan käyttö jatkossa.....	24
5.2 Työn jatkaminen tulevaisuudessa	24
LÄHTEET.....	25
LIITTEET	26

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Periaatekaavio johtolähtökentästä.....	10
Kuva 2.	Esimerkki piirikaavion lehtien välillä käytetystä Signal reference- viitteestä.....	21
Kuva 3.	Tarkempi esitys käytetystä viitteestä.....	22
Taulukko 1.	Sähköasemaprojektion standardoidut johtosarjat.....	16
Taulukko 2.	Piirustussarjassa käytetty riviliitinnumerointi.....	18

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy:n Power Grids-divisioonan Grid Systems Grid Automation-yksikön toimeksiantona vuonna 2016 Engeneering Manager Jari Laaksoharjun ohjauksessa. Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta työn ohjaajana toimi lehtori Olli Tuovinen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda sähköaseman johtolähtökentän piirikaaviosarja, jossa relepaneelien piirustukset on eriytetty ulkokentän ja jakokaapin komponenteista omiin lehtiinsä. Nämä sisältyisivät kaikki samaan piirustuskokonaisuuteen, mutta olisivat jaetut eri lehdille.

Johdantoa seuraavassa luvussa käsitellään lyhyesti yritys ja liiketoimintayksikkö jonka toimeksiannosta työ tehtiin. Kolmannessa luvussa annetaan yleissilmäys sähköverkon rakenteista, sähköaseman sisäisistä komponenteista ja niiden toiminnasta. Neljäs luku käsittelee sähköasemaprojektion etenemistä prosessina, käytössä olevaa suunnittelutapaa ja sen aiheuttamia haasteita niin aikataulutuksessa kuin vastuun jaossa projektiin osallistuvien osastojen kesken. Lisäksi luvussa esitetään tavoitteet jotka työlle on asetettu. Luvussa määritellään myös piirustusten haluttu rakenne ja käytettävät riviliittimet, sekä tarkastellaan E3-suunnitteluohjelman edellytyksiä ja luomia haasteita suunnittelutyössä. Viides luku sisältää yhteenvedon opinnäytetyöstä ja siinä käydään läpi tuloksena saadut dokumentit ja niiden mahdolliset tuomat hyödyt projektointiprosessiin.

2 YRITYSESITTELY

2.1 ABB oy

ABB-yhtymä on sähkövoima- ja automaatioteknologia alalla toimiva teknologia-yhtymä, joka työllistää noin 140 000 henkilöä 100 maassa. Yhtymän pääkonttori on Sveitsissä Zürichissä. Suomessa yhtymällä on noin 5 200 työntekijää. ABB:n toiminta jakautuu viiteen eri divisioonaan.

2.2 Power Grids-divisioona

Power Grids-divisioona (PG) koostuu viidestä liiketoimintayksiköstä: Transformers, High Voltage Products, Grid systems, Grid automation ja Grid integration. Divisioonan tarjonta kattaa voimantuotannon siirron ja jakelun tarpeet ja toimii maailman laajuisesti sekä kotimaan markkinoilla.

2.3 Grid Automation Systems GAS

Grid Automation Systems on Grid Automation-liiketoimintayksikköön kuuluva tuoteryhmä, jonka toimeksiannosta opinnäytetyö tehtiin. Se keskittyy toiminnassaan sähköasemien toisiosuunnitteluun suojauksen ja ohjauksen osalta, eli aseman automaation suunnitteluun ja toteutuksiin. Vaasan PGGAS-ryhmässä työskentelee noin 20 henkilöä.

3 SÄHKÖASEMA

3.1 Sähköasema kokonaisuutena ja osana sähkönjakeluverkkoa

Suomessa sähköverkko koostuu kolmivaiheisista 100-400 kV kantaverkosta, erillisistä 110 kV alueverkoista sekä paikallisten sähköyhtiöiden hallitsemista 0,4-70 kV jakeluverkoista. Sähköverkon tarkoituksena on siirtää sähköenergiaa tuotantolaitoksista sähkön käyttäjille. /1/

Verkon solmupisteissä tarvitaan sähköasemia jännitetasojen muuttamiseen ja verkon osien yhdistämiseen toisiinsa. Eri jännitetasoisia johtoja yhdistävä sähköasema on muuntoasema ja saman jännitetason johtoja yhdistävä kytkinlaitos. /2/

Jakeluverkon asemat jaetaan keskusasemiin, jotka ovat 420/123 kV muuntoasemia, solmupisteasemiin, jotka ovat pääasiassa teollisuudelle ja kaupungeille syöttäviä muuntoasemia ja syöttöasemiin, jotka syöttävät keskijänniteverkkoa. /3/

Sähköasemalle tulevat ja sieltä lähtevät johdot liitetään kokoojakiskoihin kytkinlaitteiden avulla. Kokoojakiskostolla jaetaan ja siirretään sähköenergia kytkinlaitoksen eri kohteisiin. Kytkennät toteutetaan erottimilla ja katkaisijoilla. Katkaisija on kytkinlaite, joka pystyy katkaisemaan ja sulkemaan virrallisen piirin, erottimella voidaan tehdä aseman osia jännitteettömäksi ja tehdä kytkentöjä kuormittamattomissa piireissä. Kytkinlaitteita ohjataan suojaus- ja ohjausreleillä.

Sähköverkon luotettavan toiminnan edellytyksenä on suojaus mahdollisten vikatilanteiden varalta. Viallinen osuus on kyettävä erottamaan toimivasta verkosta selektiivisesti ja nopeasti sähkönjakelun luotettavuuden takaamiseksi.

Suojaus toteutetaan toisioreleillä, jotka mittaavat verkon osien virtaa ja jännitettä ja havaituissa vikatilanteissa laukaisevat tarvittavat katkaisijat. Suojattavia kohteita voi olla esimerkiksi johtolähdöt, muuntajat, kompensointilaitteet ja kiskot. Suojauskohteen tärkeyden vaatiessa käytetään kahdennettua suojausta.

Kantaverkossa johtolähdöt suojataan yleensä distanssireleillä, jotka havaitsevat mahdolliset oiko- ja maasulut ja niiden sijainnit virta- ja jännitemittauksista. Toinen

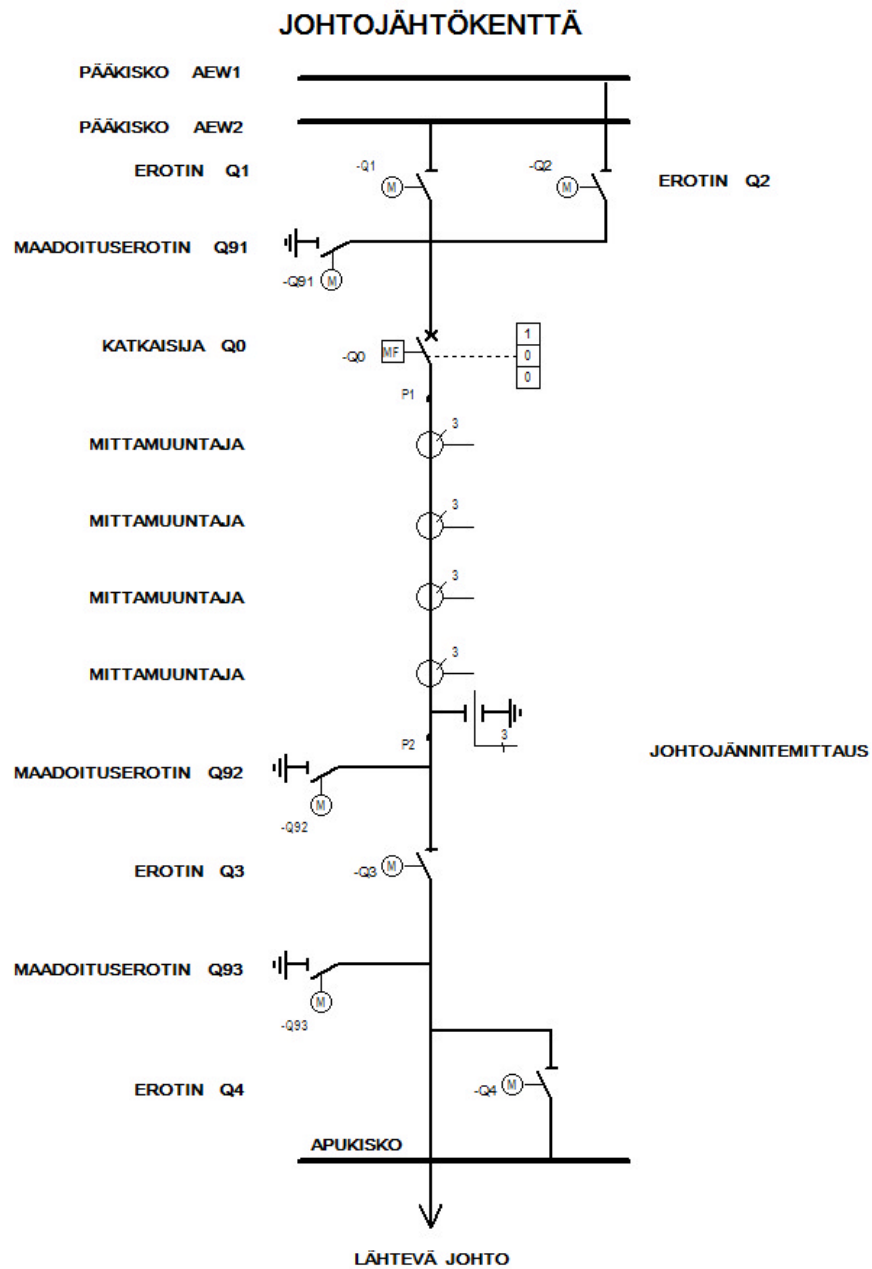
mahdollinen suojaustapa on differentiaalirele, jota voidaan käyttää lyhyiden johtolähtöjen, kiskojen ja muuntajien suojaukseen. Differentiaalirele mittaa johtoon tai esimerkiksi muuntajaan tulevan ja lähtevän virran summaa ja pääättelee tästä onko suojattavassa osuudessa vikatilaa. /4/

Tässä työssä keskitytään kaksikisko-apukiskojärjestelmällä toteutetun sähköaseman linjakentän piirustussarjaan, mutta työn periaatteita voidaan myös soveltaa muunlaisiin sähköasematoteutuksiin.

3.2 Johtolähtökenttä

3.2.1 Ulkokentän komponentit

Kaksikisko-apukiskojärjestelmällä toteutetun sähköaseman johtolähtökenttä on esitetty kuvassa 1. Se koostuu katkaisijasta Q0, jolla kytketään ja katkaistaan lähtö irti sähköasemasta, erottimista Q1-Q4, joilla mahdollistetaan lähdön kytkentä haluttuun kiskoon sekä maadoituserottimista Q91-Q93, joita käytetään kentän eri osien maadoittamiseen tarvittaessa. Lisäksi ulkokentällä sijaitsevat mittamuuntajat releiden tarvitsemia virta- ja jännitemittauksia varten sekä jakokaappi, jonka kautta kaapelointi ulkokentältä relekaapille toteutetaan. Katkaisijaa ja erottimia ohjataan suoja- ja ohjausreleillä, joihin kentän haluttu toiminta on ohjelmoitu.



Kuva 1. Periaatekaavio johtolähtökentästä.

3.2.2 Relekaappi

Relekaappiin on sijoitettu johtolähdön ohjaus ja suojausreleet. Nämä toimivat aseman akustosta saatavalla omakäytön DC-apusähköllä.

Ulkokentältä, jakokaapin kautta, relekaappiin johdetaan lähdön virta- ja johtojännitemittaukset sekä erottimien ja katkaisijan tilatiedot. Sekundäärisinä tietoina releille tulee lisäksi apusähköjen suojakytkimien tilat ja katkaisijan osalta vielä suojakaasun paine ja vuototiedot sekä viritysjousen vikatieto. Relekaapilta ulkokentälle tulee vastaavasti erottimien auki- ja kiinniohjaukset ja lukitukset, sekä katkaisijan kiinniohjaus ja laukaisut. Näiden lisäksi relekaapilta jakokaapille tulee laitteiden toiminnan tarvitsemat dc-apusähköt.

Myös relekaappien välillä kulkee signaaleja, mutta työssä keskitytään johtolähdön relekaapin ja sen ulkokentällä sijaitsevien komponenttien väliseen jakoon.

Työssä pohjamateriaalina käytetty johtolähtökenttä vastaa pääosin yleistä kantaverkossa käytettyä johtolähtöä. Relesuojaus on toteutettu kahdella rinnakkaisella ABB REL670-distanssisuojareleellä. Releet hoitavat myös jälleenkytkennän ohjauksen.

Kenttäohjausyksikkönä, eli erottimien ja katkaisijan ohjauksia ja lukituksia hallitsevana releenä kentässä käytetään ABB REC650-relettä.

Muita relekaapin komponentteja ovat apureleet ja johdonsuojakatkaisijat, jotka toimivat suojaus- ja ohjausreleiden apuna ja suojana.

Relekaappi on yhdistetty ohjaus- ja suojausväylin kaukokäyttökaappien kytkimien kautta kaukokäyttöön, josta aseman toimintaa voi valvomosta etänä ohjata ja seurata.

Aseman DC-apusähkö tulee aseman akustoista, joita ladataan latureilla. Laturit saavat jännitteen omakäyttökeskuksesta jota syötetään omakäyttömuuntajalla tai mahdollisen varasyötön kautta. Akustot takaavat aseman varman toiminnan häiriötilanteissa.

4 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

4.1 Lähtökohdat

4.1.1 Projektityöryhmän kokoonpano

Projektityöryhmä koostuu projektipäälliköstä, joka johtaa projektia ja sen resursseja ja on vastuussa projektista niin taloudellisesti kuin aikataulullisesti sekä hänelle nimetyistä resursseista. Projektipäällikön alaisuudessa projektissa työskentelee pääsuunnittelija, sähkösuunnittelijat, mekaniikkasuunnittelijat, käyttöönottajat, koestajat ja muut asentajat.

4.1.2 Sähköasemaprojektion eteneminen

Sähköasemaprojekti alkaa asiakkaan tarjouspyynnöstä. Projekti määräytyy asiakkaalle tehdyn ja hyväksytyin tarjouksen perusteella. Kattavimmillaan projekti on niin sanottu avaimet käteen-toimitus. Tällöin toimittaja vastaa projektista sen kaikilla osa-alueilla. Tähän sisältyy suunnittelu, dokumentointi, materiaalitoimitukset, rakennus- ja asennustyöt sekä koestukset ja asiakkaalle luovutetaan käyttövalmis sähköasema dokumentointineen. Vaihtoehtoisesti projektilla saattaa olla useita rinnakkaisia toimittajia, jolloin eri projektin osat on jaettu eri toimijoiden kesken. Tilaaja on tällöin vastuussa kokonaisuuden yhteensopivuudesta ja aikataulutuksen toimivuudesta. Lisäksi osa projekteista saatetaan tehdä aliprojekteina, eli asiakkaana on pääurakoitsija eikä suoraan asiakas.

Tarjousta edeltäneen suunnittelun spesifikaatioiden pohjalta aloitetaan järjestelmäsuunnittelu. Vastuu suojaus- ja mittausosastoista ja niiden suunnittelusta ja toteutuksesta ABB:n organisaatiossa kuuluu Grid Automation-liiketoimintayksikölle kun taas aseman ensisuunnittelu, kuten maanrakennus ja toisiosuunnittelu ulkokentän osalta, Grid Integration-yksikölle. Kumpikin yksikkö nimeää projektipäällikkönsä, jotka vastaavat osuuksistaan ja hallinnoivat kokonaisprojektia yhteistyöminnassa. Järjestelmäsuunnittelussa osastojen pääsuunnittelijat luovat vastuualueidensa mukaiset pää- ja apujärjestelmien pää-, suojaus-, mittaus- ja lukituskaaviot

sekä sähköaseman rakenteen sijoituspiirustukset. Näiden pohjalta aloitetaan detaljisuunnittelu.

Detaljisuunnitteluvaiheessa luodaan sähköaseman eri osien piirikaaviot ja suunnitellaan apujärjestelmien toiminta. Sähkösuunnittelija luo projektille niin kutsutut tyyppikentät, eli tarkemmat piirustukset erilaisista kentistä, jotka pohjautuvat yleensä johonkin aiempaan malliprojektiin. Suunnittelutyö teetetään suunnittelijoilla annetun ohjeistuksen mukaisesti. Tuotetut piirikaaviot kiertävät valmistuttuaan kommentoitavana pääsuunnittelijalla, joka merkitsee niihin huomionsa ja pyytää tarvittavat muutokset. Korjatut tyyppikentät hyväksytetään tämän jälkeen asiakkaalla, joka lisää niihin omat kommenttinsa ja muutosvaatimuksensa. Tämän jälkeen viimeistellyt tyyppikentät monistetaan sähköaseman vastaaviin kenttiin ja niihin lisätään kenttien spesifiset tiedot.

Detaljisuunnitteluvaiheessa luotujen piirustuksien mukaan aloitetaan relekaappien tuotanto. Tuotanto tilataan yleensä alihankkijalta, joka kokoonpanee spesifikaatioiden mukaiset relekaapit heille toimitettujen piirustusten ja komponenttiluetteloiden mukaisesti. Komponenttien hankinta jakaantuu osin alihankkijalle, mutta osa vaativimmista komponenteista, kuten suojareleet, toimitetaan heille ABB:n toimesta.

Tyyppikenttien valmistuttua suojareleille tehdään myös niiden halutun toiminnan mukainen konfigurointi, eli releen sisäinen logiikka ohjelmoidaan toimimaan suojauksen ja ohjauksen vaatimusten mukaisesti.

Seuraavaksi kokoonpannut relekaapit siirtyvät tehdaskoestukseen eli FAT-testausvaiheeseen, jossa releiden toiminta simuloidaan testilaittein. Releille ladataan tyyppikentille tehty konfiguraatio ja ohjelmoidaan kentän ominaisuuksien mukaiset, lasketut suojien asettelut. Toimintaa simuloidaan ja releiden toiminnasta tehdään tarvittavat raportit ja dokumentoinnit sekä kaappien johdotukset ja apukomponentit testataan. Lisäksi ohjelmoidaan, toteutetaan ja testataan sähköaseman kaukokäytön vaatimat laitteistot. Myös asiakas osallistuu yleensä FAT-testaukseen, jolloin tehdään asiakkaan vaatimia lisätestauksia, heitä erityisesti kiinnostavien toimintojen osalta. Yleensä tällöin läpikäydään kuitenkin vain erilaiset tyyppikentät. Jokaisen

monistetun kentän testaus tapahtuu yleensä ilman asiakkaan läsnäoloa. Hyväksytyt FAT-testauksen jälkeen relekaapit ovat valmiina toimitettaviksi sähköasemalle.

Sähköasemalla relekaapit asennetaan paikalleen ja kytketään ulkokentän komponentteihin. Seuraavana vaiheena toteutetaan SAT-testaus eli suojaus- ja ohjaustoiminnot testataan primääritesteinä. Tällöin testataan kokoonpanon toiminta yhteen ulkokentän komponenttien kanssa vielä jännitteettömässä sähköasemassa, eli kytkemättä sähköasemaa verkkoon.

Valmiiksi asennetun ja testatun sähköaseman seuraava vaihe on käyttöönotto, jolloin asema kytketään kiinni sähköverkkoon. Tämä on vaativa ja usein tiukalla aikataululla ja ennalta tarkoin määrätyn aikaikkunan sisällä tehtävä toimenpide, jotta katko sähkönsiirrossa vältettäisiin tai pidettäisiin mahdollisimman lyhyenä.

Lopuksi valmis sähköasema luovutetaan tilaajalle, jolloin toimittajan vastuu asemasta päättyy ja takuu-aika alkaa.

4.1.3 Suunnitteluprosessi opinnäytetyötä tehtäessä

Työtä aloitettaessa johtolähtökentän suunnittelu- ja piirikaaviosarja toteutettiin kahden eri osaston toimesta niin, että ulkokentän komponentit ja relekaapissa sijaitsevat komponentit olivat osaksi piirrettynä samoille lehdille. Käytössä ollut piirrostapa ei mahdollistanut suunnittelun eriyttämistä osastojen vastualueiden mukaisesti. Tämä aiheutti aikataulullisia haasteita kahden osaston joutuessa osallistumaan koko piirustussarjan valmistamiseen.

Ennen kuin relekaappien valmistusta saatettiin aloittaa, tuli koko aseman piirustukset olla valmiina. Jakamalla piirustukset selkeämmin osiin komponenttien sijainnin ja suunnitteluvastuussa olevan yksikön perusteella ja käyttämällä vakioituja liittimiä osien välillä, saataisiin prosessia nopeutettua ja osastojen olisi mahdollista suorittaa omat osuutensa itsenäisemmin ja toisistaan riippumattomammin.

4.2 Tavoitteet

4.2.1 Riviliitinten ja viitteiden standardointi

Työssä tulisi vakioida relepaneelin ja ulkokentän sekä jakokaapissa sijaitsevien komponenttien väliset johdotukset ja niitä vastaavat riviliittimet. Näin suunnittelusta vastaavat osastot tuottaisivat yhteensopivat dokumentit, jotka olisi valmiina helppo yhdistää.

Kaapeli- ja riviliitin numerointi on sähköasemaprojektioinnissa standardoitu johtosarjoittain (**Taulukko 1.**), mutta sarjojen sisällä numerointia ei ole määritelty. Työssä vakioitiin tietyt riviliitinnumerointi aina samoille signaaleille/jännitteille ja sarjojen loppuun jätettiin vapaita liittimiä mahdollisesti tarvittaville muille signaaleille. Kahdella suojausreleellä toteutetun johtolähtökentän liitinnumerointia ei voitu toteuttaa täysin standardoidun numeroinnin pohjalta, vaan numerointia on jouduttu hieman muuttamaan standardoidusta.

Taulukko 1. Sähköasemaprojektioinnin standardoidut johtosarjat.

Kaapelinumero	Riman tunnus	Riviliitin nro	Piirin tyyppi
AABB-001..099	-X0	1-100	Virtapiiri
AABB-101..150	-X1	101-150	Jännitepiirit
AABB-151..199	-X1	151-199	Jännitevalinta, tahdistus
AABB-200..299	-X2	200-299	Ohjauspiirit, laukaisu 1
AABB-300..399	-X3	300-399	Ohjauspiirit, laukaisu 2
AABB-400..450	-X4	400-450	Kiertojohdot
AABB-451..499	-X4	451-499	Asennonosoitus
AABB-500-599	-X5	500-599	Lukitus
AABB-600..699	-X6	600-699	Käämikytkimen ohjaus
AABB-700-799	-X7	700-799	Hälytys
AABB-800..899	-X8	800-899	Kaukoasennonosoitus
AABB-900-950	-X9	900-950	DC piirit
AABB-951..999	-X9	951-999	AC piirit

Relepaneelin, ulkokentän ja jakokaapin väliset signaalit ovat pääsääntöisesti johtolähdöille aina vastaavat. Ne koostuvat erottimien ja katkaisijan tilatiedoista ja ohjauksista, sekä mittauksista ja laitteiston apusähköistä. Näiden lisäksi ulkokentältä relekaapille tuodaan myös kiskojen jännitemittaukset. Nämä tuodaan kuitenkin jännitemittauskaappiin, josta ne ketjutetaan muiden kenttien relekaapeille niin sanotuin kiertojohdoin, tässä työssä näitä johdotuksia käsitellään relekaappien välisinä signaaleina eikä näin ollen listata erikseen. Kiskolle liitetyissä laitimmaisissa kentissä on lisäksi kiskojen maadoituserottimien ohjaus, joka kuitenkin on itse kenttään liittymätön toiminta, eikä täten myöskään sisälly suoraan työhön. Kentän piirustuksissa kyseiset kiskojen maadoituserottimien ohjaukset on kuitenkin piirretty eriytetyn piirustustavan mukaisiksi, kuten muutkin piirustussarjaan sisältyvät komponentit.

Johtosarjat pyrittiin järjestämään toiminnallisuuden ja kaapeloinnin mukaan peräkkäisille riviliittimille, mikä selkeyttää prosessia ja poistaa virhemahdollisuuksia niin suunnittelu- kuin kokoonpanotyössä. Jokaiseen signaalikokonaisuuteen pyrittiin mahdollisuuksien rajoissa jättämään mahdollisten lisäysten varalle vapaita liittimiä ja sarjat ryhmiteltiin kymmenen numeron ryhmissä, sarjan alkaessa aina kymmenluvun ensimmäisestä numeroista (11,21,31...211 jne.) johdonmukaisuuden vuoksi. Periaatetta käytettiin niin kaapin sisäisissä, kaappien välisissä kuin ulkokentälle menevissäkin johdotuksissa. Liitinsarjojen numerointi projektissa ilmenee taulukosta 2.

Taulukko 2. Piirrustussarjassa käytetty riviliitinnumerointi

APUSÄHKÖ AKUSTO 1	(1-40)
AE1OL+/- syöttö	1-4
AE04.11OL+/- jakelu	5-10
AE04.12OL+/- jakelu	11-40
APUSÄHKÖ AKUSTO 2	(41-80)
AE2O+/- syöttö	41-44
AE04.21OL+/- jakelu	45-50
AE04.22OL+/- jakelu	51-80
APUSÄHKÖ AE2VL+/-	(81-100)
AE2VL+/- syöttö	81-84
AE042VL+/- jakelu	85-100
SUOJAUSRELE 1	(101-200)
2I	101-110
F01	111--165
SUOJAUSRELE 2	(201-300)
3I	201-210
F02	211--240
KENTTÄOHJAUSYKSIKKÖ	(301-400)
I1	301-310
A01	311-395
KIERTOJOHDOT + JOHTOJÄNNITE	(401-500)
kiskojännitteet kisko 1	401-440
kiskojännitteet kisko 2	441-470
johtojännite	471-478
vara	479-500
OHJAUSPIIRIT + LUKITUS	(501-600)
Q0 LAUKAISUT 1	501-510
Q0 LAUKAISUT 2	511-520
Q0 KIINNIOHJAUS	521-530
LUKITUKSIEN VAPAUTUS	531-545
YLEISET SIGNAALIT	(601-700)
KVR KÄYNNISTYS	601-610
Häiriötallennin ja SVY	611-622
kippireleet Q1,Q2,Q4	623-640
AC PIIRIT	(951-1000)
AC SÄHKÖ	951-955

Työssä luotiin lisäksi eritellympi rele- ja jakokaapin välinen johdotustaulukko josta ilmenee molempien päiden varatut ja vakioidut liittimet (LIITE 1). Taulukosta ilmenee signaalin nimi ja tyyppi, osoite riviliitintunnuksineen ja mahdollinen käytetty apusähkö. Taulukon ja piirikaaviosarjan perusteella sähkösuunnittelijat voivat piirtää omat osuutensa johtolähdöistä, suunnittelussa käytetyn ohjelmiston sallimissa rajoissa samanaikaisesti, ja osuudet olisi myöhemmin mahdollista yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi.

Riviliitinnumerointi suunniteltiin molempien päiden osalta niin että fyysistä kaapelointia tehtäessä asentaja voi loogisesti edetä kaapeleiden säikeiden numeroinnin mukaan liittäessään kaapelia riviliittäimiin. Tämä ei luonnollisestikaan poista asentajan tarkkaavaisuuden tärkeyttä, mutta kokemus on osoittanut että kaapelointityössä sattuu paljon virheitä ja yhdenmukainen ja looginen numerointi selkeyttäisi prosessia.

Osa relekaappikokoonpanosta teetetään paikallisilla alihankkijoilla, jolloin kaapeloinnin korjaus on tehdaskoestusvaiheessa ilmetessään kohtalaisen helppo suorittaa, joskin toimenpiteisiin kuluu aikaa. Relekaappien tullessa ulkomaisilta alihankkijoilta, korjaukset joudutaan kuitenkin ostamaan paikallisilta toimijoilta tai tekemään oman henkilökunnan toimesta. Tämä on taloudellisesti varsin kannattamatonta, sekä henkilöstöresursseja hukkaavaa toimintaa.

Edellä mainituista syistä olisi ensiarvoisen tärkeää, että virheiden mahdollisuus saadaan kokoonpanovaiheessa minimoitua.

4.2.2 Piirustuskokonaisuuden rakenne ja jako

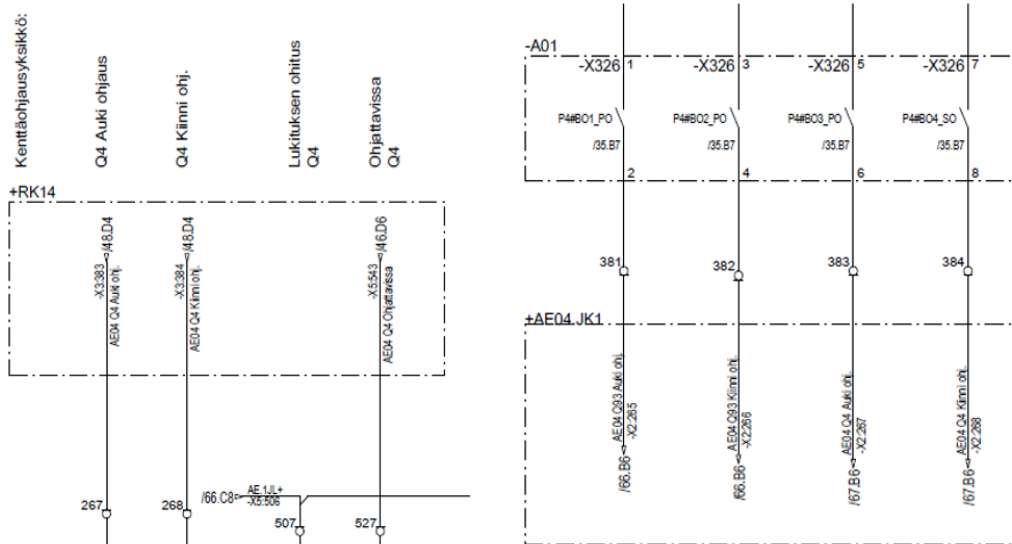
Piirikaaviosarjassa (LIITE 2) on ulkokentällä sijaitsevat komponentit siirretty omille sivuilleen, joissa viitataan relepaneelissa sijaitseviin riviliittimiin käyttäen E3-ohjelman Signal reference-toimintoa. Vastaavia viitteitä käytetään myös relekaapin sivuilla. Viitteet on pyritty tekemään helposti ymmärrettäviksi ja sarjasta on pyritty tekemään helppolukuinen ja selkeä, jotta toiminnallisuus olisi helppo hahmottaa.

Kaappien väliset kaapeloinnit on pyritty järjestämään perättäisille riviliittimille, jolloin johdotuksen kytkentä jakokaapilta relekaapille on mahdollisimman suoraviivaista, eivätkä kaapelit pääsääntöisesti haaraudu kaapeissa moniin eri liitinsarjoihin. Joitain poikkeuksia jouduttiin tässä asiassa tekemään, jotta standardit toteutuisivat.

Lisäksi sivut on pyritty pitämään selkeänä rajaamalla yksittäiset sivut selkeästi toiminnallisuuteen perustuen niin, että sivut sisältävät vain yhden tai vastaavia useita toimintoja, tekemättä sivuista liian ahtaita. Samalla on pyritty mahdollisuuksien mukaan pitämään sivumäärä kohtalaisena.

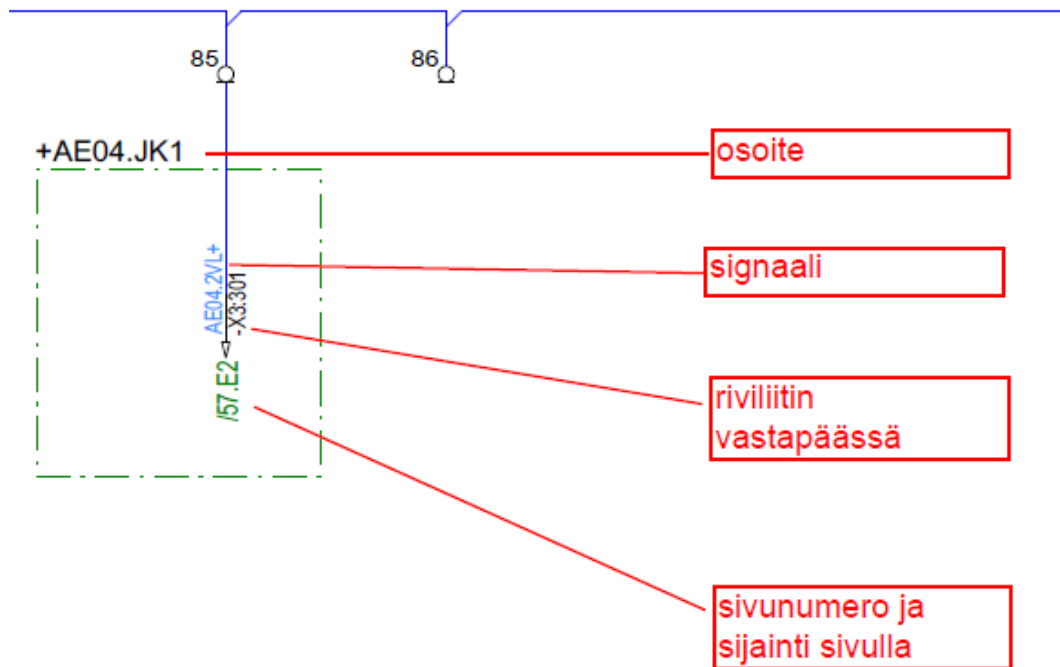
Piirustustyyli on pyritty pitämään ja kantaverkkoyhtiön vaatimusten mukaisena sekä ABB:n piirtotyyliä ominaisena, jotta se olisi mahdollisimman helposti omaksettavissa niin suunnittelijalle kuin asiakkaalle. Osin on tyyliä jouduttu kuitenkin muuttamaan. Eriyttämällä ulkokentän komponentit omille sivuilleen on piirikaavion sivuja saatu jo itsessään selkeytettyä. Sivuilla esitetään vähemmän komponentteja ja signaalit on nimetty helposti ymmärrettäviksi.

Työssä käytetyt piirikaavion sisäiset osioiden väliset viitteet on esitetty ilmaisten kyseessä olevan signaalin nimen, kohteena olevan riviliittimen, piirikaavion sivun numeron sekä tarkemman sijainnin kyseisellä lehdellä (**Kuva 2.**). Ulkokentän komponenttien viitteet on havainnollisuuteen pyrkien rajattu katkoviivoilla ja pyritty näin ilmaisemaan niiden kohteen sijaitseminen eri osassa piiriä.



Kuva 2. Esimerkki piirikaavion lehtien välillä käytetystä Signal reference-viitteestä

E3-ohjelman signal reference-viitteet toimivat linkkeinä ohjelman sisällä, sekä ohjelman tulostamassa PDF-dokumentissa. Navigointi viitteiden välillä on tästä syystä joustavaa, sähköisen dokumentoinnin ollessa käytössä.



Kuva 3. Tarkempi esitys käytetystä viitteestä

Viittaustapa on esitetty yksilöidymmin kuvassa 3. Katkoviivoitettu laatikko osoittaa viittauksen olevan toiseen fyysiseen sijaintiin kuin millä itse kyseisellä lehdellä olevat komponentit sijaitsevat. Sijainti on osoitettu laatikon yllä olevalla tekstillä. Sinisellä tekstillä ilmaistaan kyseessä oleva signaali ja musta teksti kertoo vastapäässä olevan viitattun riviliittimen tunnuksen. Vihreä teksti puolestaan kertoo piirikaavion lehden jolla viitattu liitin sijaitsee sekä sen tarkemmat koordinaatit lehdellä.

4.2.3 Muutosten vaikutus projektion etenemiseen

Jaon mahdollistaman aikataulujen limittämisen vaikutus projektin etenemiseen tulee nopeuttamaan projektin etenemistä mahdollisten viiveiden minimoinnin kautta.

Usean suunnittelijan välisten tietokatkosten aiheuttamien virheiden syntyminen suunnitteluvaiheessa tulee täten minimoitua ja valmiit suunnitelmat saadaan varmemmin aikataulussa valmiiksi. Tämä taas mahdollistaa relekaappien valmistus- ja kokoonpanoprosessin nopeamman käytäntöön panon, jolloin vaihetta seuraavat prosessin osiot myös mahdollisesti aikaistuvat. Näin koko projektin toimitusvarmuus kasvaa ja budjetti sekä varatut resurssit säilyvät suunnitelmien mukaisina.

4.2.4 E3-ohjelman edellytykset yhteiskäytölle

ABB Power Grids-osastolla käytössä oleva Zuken yhtiön E3 on Windows-pohjainen johdotuksen ja ohjausjärjestelmien suunnittelun ohjelmisto. Se sisältää muun muassa piirikaavio-, kaapelointi- ja paneelisuunnittelutyökalut. E3-ohjelmalla on mahdollista toteuttaa kaikki sähköasemaprojektin suunnittelu ja dokumentointi piirikaavion suunnittelusta johdotustaulukkoihin ja fyysisen kaapin kokoonpanopiirustuksiin. /5/

Zuken E3-suunnitteluohjelma aiheuttaa kuitenkin haasteita uuden piirrostavan käyttönotolle. E3-suunnitteluohjelma mahdollistaa itsessään saman dokumentin yhtäaikaisen muokkaamisen usean eri suunnittelijan toimesta, tähän vaadittavia ohjelman lisenssejä ei kuitenkaan tätä työtä tehdessä ollut ABB:lla käytössä. Yhtäaikaisella muokkauksella saataisiin täysi ajallinen etu uudesta piirrostavasta.

Itsenäisesti erillisten piirustussarjojen tekeminen ei myöskään ole ongelmaan hyvä ratkaisu, sillä kahden erillisen piirustussarjan yhdistäminen ei ohjelmalla ole sujuvaa, eikä aktiivisten linkitysten tekeminen eri piirustuskokonaisuuksien välillä onnistu.

5 YHTEENVETO

5.1 Piirikaaviosarjan käyttö jatkossa

Työn lopputuloksena saatu piirikaaviosarja oli työn valmistuessa yhä kommentoitavana kantaverkkoyhtiö Fingridillä, saatu alustava palaute oli kuitenkin ollut positiivista ja piirrostapa tullaan todennäköisesti ottamaan käyttöön ABB:n ja Fingridin yhteisissä projekteissa.

Vaikka yhtäaikaista muokkausta ei voitaisikaan tehdä, saadaan piirustustavalla silti tehostettua suunnitteluprosessia ja suunnitteluvastuu eri osioista siirtyy osastoille joille se kuuluu. Tämä vapauttaa, tai oikeammin siirtää nyt kiinni olevia resursseja ja esimerkiksi kuvien kommentointi tapahtuu oikean osaston ja ennen kaikkea vastuussa olevan pääsuunnittelijan toimesta.

5.2 Työn jatkaminen tulevaisuudessa

Työssä luotu piirikaaviosarja aiheuttaa jatkossa tarvetta myös relekonfiguraatioiden päivitykselle. Releiden konfiguroinnissa ja asettelussa käytettävässä PCM 600-ohjelmassa käytetään mallikonfiguraatioita suunnittelupohjana. Mallikonfiguraatiota muokataan suunniteltavan kentän tarpeiden mukaisiksi ja kentän suojaus- ja ohjaus-toiminnot ohjelmoidaan haluttuihin toimintoihin. Mallikonfiguraatiot tulisi jatkossa muuttaa vastaamaan opinnäytetyössä käytettyjä liityntöjä vastaaviksi, jolloin ne olisivat suoraan yhteensopivat kaavion mukaan kootun kaapin kanssa.

Työssä syntyneet vakioidut riviliitinnumeroinnit tulisi jatkossa päivittää myös releiden toiminnallisuuden testaamiseen käytetyn Omicron-testilaitteen testipohjiin. Tämä nopeuttaisi osaltaan valmistusprosessin etenemistä.

LÄHTEET

/1/ Sähköverkon haltijat (<https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>)
Viitattu 1.2.2016

/2/ Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet
(<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCsahkoasema.aspx>) Viitattu 5.1.2016

/3/ ABB Teknisiä tietoja ja taulukoita 2000

/4/ Relesuojaus (<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCrelesuojaus.aspx>) Viitattu 5.1.2016

/5/ Electrical & Wire Harness Design (<http://www.zuken.com/en/products/electrical-wire-harness-design/e3-series>) Viitattu 10.2.2016

LIITTEET

LIITE 1. Riviliitintaulukko relekaapin ja jakokaapin välisille liitännöille

LIITE 2. Johtolähtökentän piirikaaviosarja