



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Esala

# 110 kV:n KYTKINLAITOKSEN SUUN- NITTELUPROSESSI

Tekniikka ja liikenne  
2015

## **ALKUSANAT**

Tämä sähköinsinöörin tutkintoon vaadittava työ on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa keväällä 2015. Työn tilasi VEO Oy.

Työtä ohjasi ammattikorkeakoulun puolesta lehtori Jari Koski, jota haluan kiittää ohjaamisesta ja hyvistä neuvoista.

VEOn osalta haluan kiittää suunnittelupäällikkö Ralf Söderholmia työn mahdollistamisesta. Erityiskiitos pääsuunnittelija Juha-Matti Hännikäiselle hyvistä neuvoista ja avusta suunnittelussa.

Vaasassa 20.4.2015

Mikko Esala

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Esala
Opinnäytetyön nimi	110 kV:n kytkinlaitoksen suunnitteluprosessi
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 2 liitettä
Ohjaaja	Jari Koski

---

Opinnäytetyön tilasi VEOn AE-osasto. Työssä on tarkasteltu 110 kV:n kytkinlaitoksen eri suunnitteluvaiheita, sisältäen ulkokentän suunnittelun sekä ohjaustaulujen piirikaaviosuunnittelun. Piirikaaviosuunnittelu tehtiin EPLANin uudella versiolla, jota tullaan hyödyntämään VEOn tulevissa projekteissa mallipohjana. Lisäksi tutustutaan ulkokentän tärkeimpiin komponentteihin, sähköaseman toiminnan selkeyttämiseksi.

Materiaalina ja lähteinä toimivat Internet-artikkelit, Tritonian kirjavalikoima, VEOn sisäinen portaali ja Vaasan ammattikorkeakoulun opetusmateriaali. Ulkokentän ja piirikaavioiden suunnittelussa apuna käytettiin VEOn toteuttamia projekteja.

Lopputuloksena voidaan pitää opinnäytetyössä suunniteltua Suomussalmen 110 kV:n sähköasemaa. Sähköasema tullaan rakentamaan suunnitelman pohjalta keuhällä 2015.

## ABSTRACT

Author	Mikko Esala
Title	Design of 110 kV Switching Station
Year	2015
Language	Finnish
Pages	50 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Jari Koski

---

The thesis was made for the Engineering Company VEO Oy. The aim of the thesis was to design a 110 kV switching station as a part of an on-going project within the Substation department (AE). The objectives of the thesis include the designing of the switchyard station layout, the switch boards as well as the control circuit. In addition to this, the fundamental components of the switching station were analysed for understanding purposes.

Books, online articles, hand books from VEO's portal and Vaasa University of Applied Sciences' study material served as a main source of information. In the designing of the switchyard station archived projects were used as a model for design, layout and control circuit.

The result of the thesis is a designed and engineered substation which is due for assembly and delivery in summer 2015.

# SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	11
2	VEO.....	12
3	YLEISTÄ .....	13
	3.1 Sähköaseman kuvaus .....	13
	3.2 Opinnäytetyössä suunniteltu 110 kV:n kytkinlaitos .....	13
	3.3 Sähköaseman piirustussarja .....	14
	3.3.1 Pääkaavio .....	14
	3.3.2 Layout-suunnittelu .....	15
	3.3.3 Sähköaseman maadoittaminen.....	17
	3.3.4 Putkitus ja kaapelointi.....	20
4	ULKOKENTÄN KOMPONENTIT .....	22
	4.1 Katkaisijat .....	22
	4.2 Erottimet .....	27
	4.2.1 Erottimien rakenne.....	28
	4.3 Mittamuuntajat.....	30
	4.3.1 Virtamuuntajat.....	30
	4.3.2 Jännitemuuntajat .....	33
5	RELESUOJAUS .....	35
6	SUUNNITTELU .....	39
	6.1 VEOn suunnitteluprosessi.....	39
	6.2 EPLAN.....	40
	6.2.1 EPLAN Electric P8 .....	40
	6.2.2 EPLANin kehitys .....	41
	6.3 EPLANin käyttö Suomussalmen projektissa .....	42
	6.3.1 Piirikaaviosuunnittelu EPLANilla .....	42
	6.3.2 Ohjaustaulujen ja jakokaappien layout-suunnittelu EPLANilla .	43

7 YHTEENVETO .....	47
LIITTEET	

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> VEOn toimialat.....	12
<b>Kuva 2.</b> Johtolähtö pääkaaviosta.....	14
<b>Kuva 3.</b> Suomussalmen sähköaseman projektio ylhäältä.....	15
<b>Kuva 4.</b> Projektio asemarakennuksestapäin.....	16
<b>Kuva 5.</b> Johtolähdön sivuprojektio.....	16
<b>Kuva 6.</b> Ajoaukon mitoitus.....	17
<b>Kuva 7.</b> Sähköaseman maadoitusverkon rakenne.....	18
<b>Kuva 8.</b> Ohjainkotelon maadoitusrenkas sekä J-lenkki.....	19
<b>Kuva 9.</b> Ulkokentän putkitus .....	20
<b>Kuva 10.</b> Itsepuhalluskatkaisuperiaate.....	26
<b>Kuva 11.</b> ABB LTB 145D1/B SF <sub>6</sub> -katkaisija.....	27
<b>Kuva 12.</b> Suomussalmella käytettävän Hapam-erottimen rakenne yläpuolelta....	29
<b>Kuva 13.</b> Hapam-erottimen rakenne sivulta.....	29
<b>Kuva 14.</b> Virtamuuntajan rakenne.....	31
<b>Kuva 15.</b> Virtamuuntajan tyyppikilpi.....	32
<b>Kuva 16.</b> Esimerkki 2S1-2S2 kytkennästä.....	32
<b>Kuva 17.</b> Jännitemuuntajan rakenne.....	33
<b>Kuva 18.</b> Jännitemuuntajan tyyppikilpi.....	34
<b>Kuva 19.</b> Jännitemuuntajan kytkentä esitettynä piirikaaviossa.....	34

<b>Kuva 20.</b> Ylivirtasuojauksen asettelut.....	38
<b>Kuva 21.</b> VEOn tyypillinen suunnitteluprosessi.....	39
<b>Kuva 22.</b> ABB REL670-suojareleen makrovariaatioita.....	42
<b>Kuva 23.</b> Automaattijohdotuksen työkalut.....	43
<b>Kuva 24.</b> 2D Panel Layout-navigaattori.....	44
<b>Kuva 25.</b> Ohjaustaulun layout.....	45
<b>Kuva 26.</b> Jakokaapin layout.....	46
<b>Kuva 27.</b> Aukotuksen mitoitus.....	46



**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** 110 kV:n kytkinlaitoksen pääkaavio

**LIITE 2.** Esimerkki suojareleen sisäänmenoista

**KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET**

A	Ampeeri
ABB	Kansainvälinen sähkötekniisten tuotteiden valmistaja
AJK	Aikajälleenkytkentä
kA	Kiloampeeri
kV	Kilovoltti
MCMK	Voimakaapeli
MCMO	Ohjauskaapeli
MMJ	Asennuskaapeli
N <sub>2</sub>	Typpikaasu
PJK	Pikajälleenkytkentä
SF <sub>6</sub>	Rikkiheksafluoridi
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
V	Voltti

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella VEOlle Suomussalmen 110 kV:n kytkinlaitos, sisältäen ulkokentän layouttien suunnittelusta aina ohjaustaulujen piirikaaviosuunnitteluun.

Opinnäytetyössä tarkastellaan eri suunnitteluvaiheita sekä käydään läpi ulkokentän tärkeimpiä komponentteja.

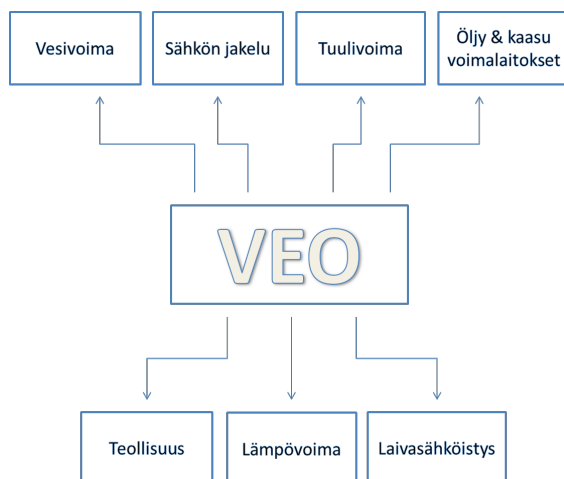
Suunnittelussa käytetyt ohjelmistot olivat AutoCad ja EPLAN. EPLAN 2.4 versioon siirryttäessä kehitettiin uudelleen komponenttien tietokantaa. Uusien komponenttien suunnittelu kuului myös opinnäytetyön sisältöön. Suomussalmen projektista tehtiin mallipohja, jota voidaan käyttää jatkossa pohjana VEOn tulevilla projekteilla.

## 2 VEO

VEO on perustettu vuonna 1989 Mauri Holman ja Harri Niemelän toimesta. Pääkonttori sijaitsee Vaasassa, jonka yhteydessä on myös tehdas. Toimistoja VEOlla on Seinäjoella, Lahdessa ja Paimiossa sekä myyntikonttoreita Ruotsissa, Norjassa ja Venäjällä. VEO:n liikeideana on toimittaa automaatio- ja sähköistysjärjestelmiä ja palveluita energia- ja voimalaitoksille oheisen organisaation mukaisesti. /18/

VEO:n toiminta perustuu projektointiin, johon sisältyy suunnittelu, hankinnat, projektijohtaminen, käyttöönotto, koulutukset, after sales sekä kojeistovalmistus asiakkaiden tarpeiden mukaan. /18/

VEO valmistaa keskijännitekojeistoja, jotka ovat tunnettuja hyvästä laadusta, luotettavuudesta, suuresta oikosulkukestoisuudesta sekä nimellisvirrastaan. Pääasiassa keskijännitekojeistot menevät teollisuuden ja voimalaitoksien tarpeeseen. VEO toimittaa myös vakiosähköasemaprojekteja, projekteissa VEO:n vastuualueeseen kuuluu 110/20 kV ulkokenttä, kojeiston toimitus ja käyttöönotto. Ohjausjärjestelmät asiakkaan tarpeen mukaan kuuluvat myös VEO:n valmistukseen. Ohjaustaulut ja paneelit ovat ydinosaamista VEOlla. Kuvassa 1 on esitetty VEO:n toimialat. /18/



Kuva 1. VEO:n toimialat.

### 3 YLEISTÄ

#### 3.1 Sähköaseman kuvaus

Sähköasemat ovat sähköverkon solmukohtia, jotka jaotellaan kytkinlaitoksiin ja muuntoasemiin, joista kytkinlaitos yhdistää ainoastaan saman jännitetason johtoja ja muuntoasema yhdistää kahden eri jännitetason johtoja.

Johdot ja muuntajat yhdistetään kytkinkentällä kokoojakiskostoihin katkaisijoilla ja erottimilla. Kokoojakiskojärjestelmän tehtävänä on jakaa energia kytkinlaitoksessa mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla. Pääkiskoon liitytään katkaisijalla ja apukiskoon liitytään pelkästään erottimella. /5/

Sähköaseman tärkeimpiä komponentteja ovat katkaisijat, erottimet, jännite- ja virtamuuntajat, jotka on esitelty tarkemmin luvussa neljä.

#### 3.2 Opinnäytetyössä suunniteltu 110 kV:n kytkinlaitos

Opinnäytetyössä suunniteltu 110 kV:n kytkinlaitos sijaitsee Suomussalmella. Uusi kytkinlaitos rakennetaan 150 m päähän vanhasta sähköasemasta, joka on rakennettu vuosina 1958-1959.

Uusi kytkinlaitos sisältää neljä johtolähtöä E01 Ämmä, E02 Seitenoikea, E03 BT1 sekä E04 Kurimo, jotka toteutetaan 110 kV-ilmaeristeisellä kojeistoratkaisulla. Kiskojärjestelmänä on pääkisko- apukiskojärjestelmä. Asiakkaan määrittelemät tärkeimmät tekniset arvot ovat listattuna alla:

- nimellisjännite 110 kV
- kokoojakiskojen nimellisvirta 2500 A
- terminen oikosulkukestoisuus 1 s 31,5 kA

Toisilaitteita varten kytkinlaitokselle rakennetaan uusi valvomorakennus, johon sijoitetaan kaikki uudet toisilaitteet.

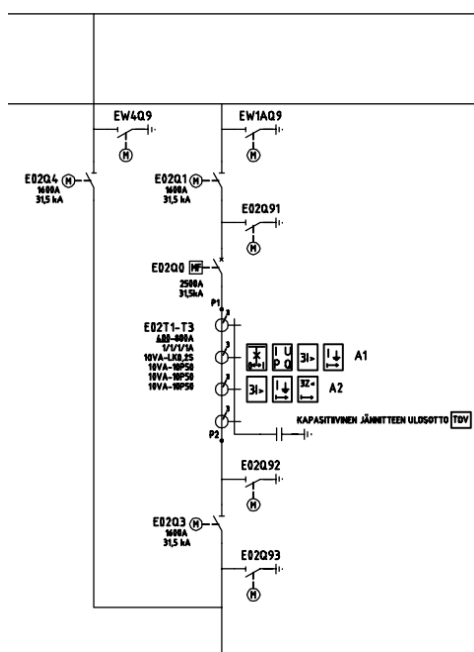
Opinnäytetyö keskittyy Suomussalmen sähköaseman suunnitteluprosessin läpikäyntiin, sen omaksumiseen ja EPLANin kehitykseen sähköasemasuunnittelussa.

### 3.3 Sähköaseman piirustussarja

#### 3.3.1 Pääkaavio

Pääkaavion tarkoitus on esittää periaatteellinen pääpiiri yksiviivaisena esityksenä, jossa ilmenee kaikki pääpiiriin kuuluvat kojeet, kiskostot ja suojareleet sekä laitososien ja laitteiden tunnukset. Pääkaavion tavoite on noudattaa tarkasti laitteiden todellista sijoitusta.

Alustava pääkaavio oli liitteenä tarjouksen lähtötiedoissa, jonka pohjalta suunniteltiin VEOn raameihin ja piirrosteknisiä ohjeita noudattaen soveltuva pääkaavio. Alkuperäisessä versiossa kiskostot olivat alhaalla ja lähdöt esitettynä ylöspäin. VEolla on tapana esittää kiskostot ylhäällä joista johtolähdöt lähtevät alaspäin. Kuvassa 2 on esitettynä yksi johtolähtö Suomussalmen pääkaaviosta.



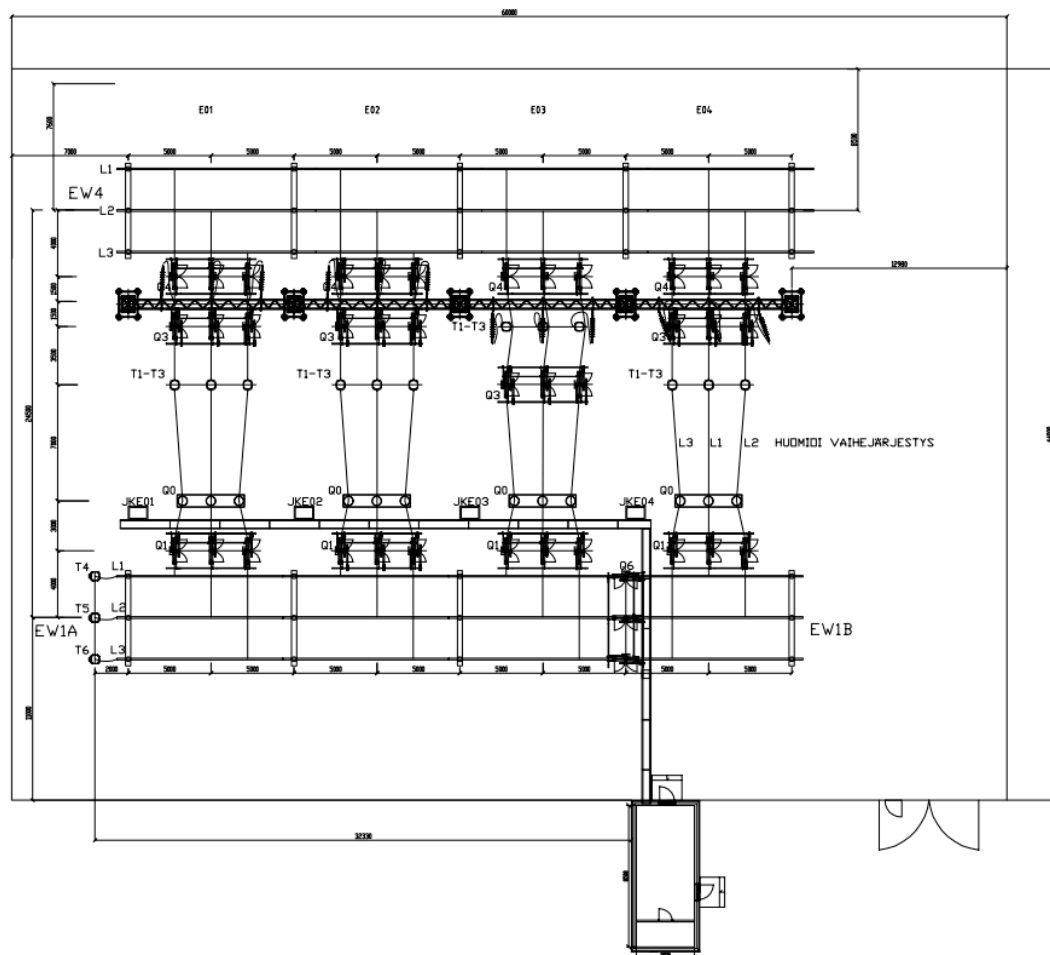
Kuva 2. Johtolähtö pääkaaviosta.

Liitteessä 1 on esitetty kytkinlaitoksen koko pääkaavio.

### 3.3.2 Layout-suunnittelu

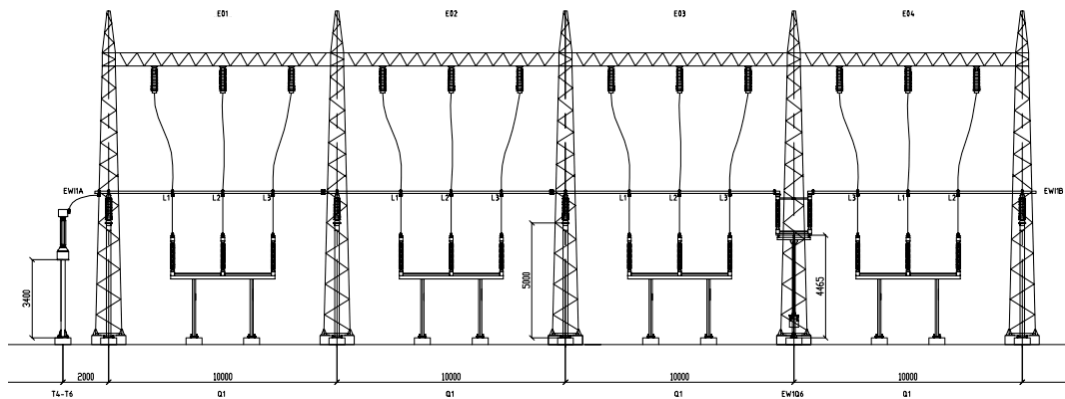
Ulkokentän laitteiden sijoittelussa on otettava huomioon käytettävissä oleva tila, johtojen tulosuunnat, tulevaisuuden tilavaraukset, lisäksi sähköaseman pitää olla selväpiirteinen, taloudellinen sekä mahdollisimman käyttäjäystävällinen. Turvallista huoltotyötä ja hoitoa varten on varattava riittävästi tilaa. /14/.

Layout-suunnittelussa tarkoituksena oli tuottaa koko sähköaseman layout, kojeistorakennuksestapain katsottuna sekä jokaisesta johtolähdöstä erilliset layoutit. Layoutit piirretään mittakaavaan, josta ilmenee laitteiden sijoitus järjestys, etäisyydet ja teräsrakenteiden korkeudet.



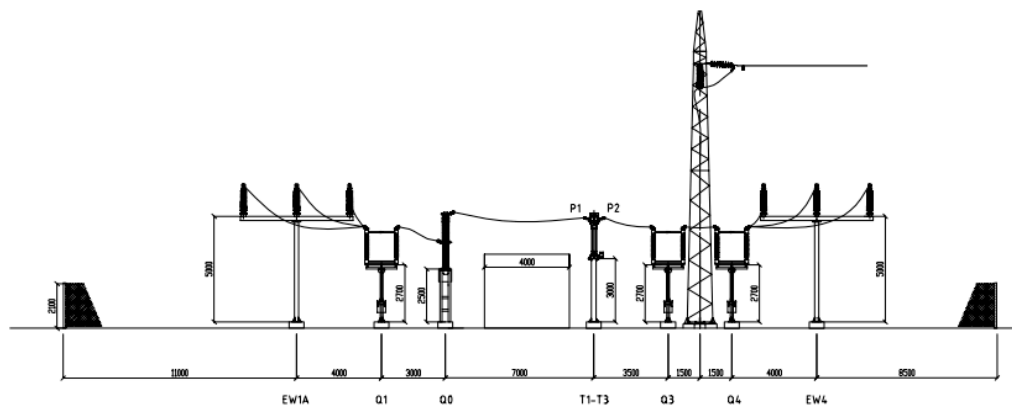
Kuva 3. Sähköaseman projektio ylhäältä.

Ylhäältä kuvatussa projektiossa on tarkoituksena esittää kaikkien kojeiden sijoittelu ulkokentällä. Kuvasta 3 on käytävä ilmi kaikki kentälle sijoitettavat kojeet, il-mavälit, kaapelikanavat, kaapeloinnit ja tärkeimmät mitat.



Kuva 4. Projektio asemarakennuksestapain.

Kuvassa 4 on tarkoituksena selventää pääteportaalien, Q1 erottimien, kiskoerottimen ja tukieristimien sijoittelua. Tärkeää oli myös esittää tukieristimien, kiskoerottimen ja jännitemuuntajan teräsrakenteiden korkeudet, jotka olisivat olleet hankala esittää kenttäkohtaisissa sivuprojektioissa. Kiskoerottimen teräsrakenteen korkeus oli tärkeä saada tarkasti mitoitettua, koska muuten kiskoihin tulisi liikaa vääntöä jos erotin olisi liian matalalla tai vastoin liian korkealla.

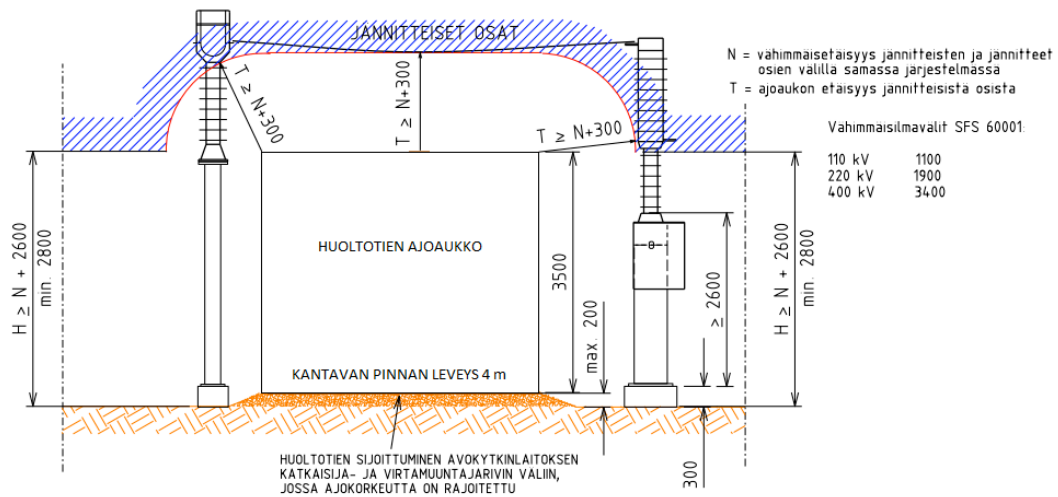


Kuva 5. Johtolähdön sivuprojektio.

Kuvasta 5 on hyvä huomioida katkaisijan ja virtamuuntajan väliin jätetty huolto-tie. Turvallista kulkua kuvaa kojeiden väliin piirretty 3,5x4 m laatikko. Laatikon kulmista mitoitetaan etäisyydet lähimpiin johtaviin osiin niin, että turvallisen kul-



kemisen etäisyydet täytyvät eikä ajokorkeutta tarvitse rajoittaa. Vähimmäisetäisyydet on havainnollistettu Fingridin tuottamassa kuvassa 6.



Kuva 6. Ajoaukon mitoitus.

SFS 6001-standardissa esitetyt vähimmäisetäisyydet johtaviin osiin ovat lyhyemmät, mutta Suomussalmen sähköaseman layout-suunnittelussa käytettiin Fingridin asettamia etäisyyksiä huoltotien suunnitteluun.

### 3.3.3 Sähköaseman maadoittaminen

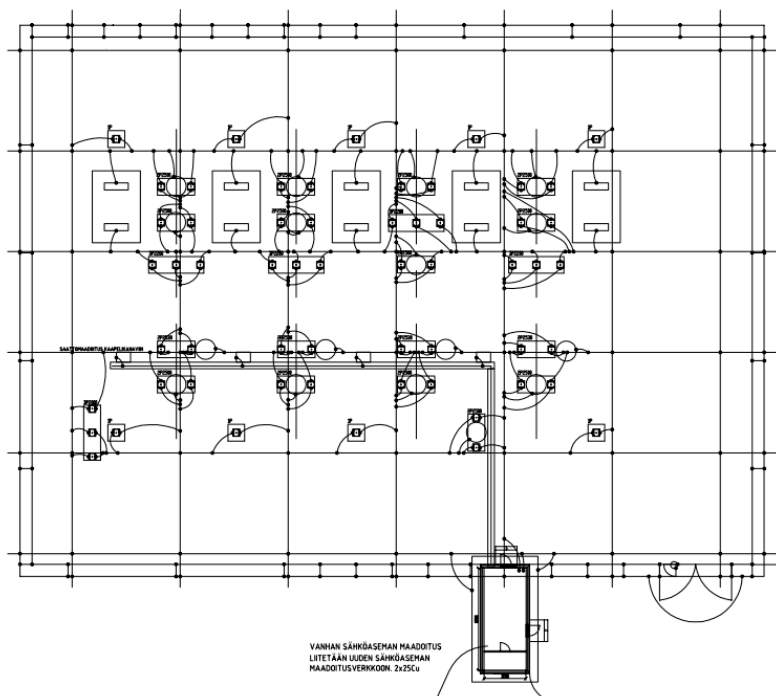
Maadoitus on tärkein suojaustoimenpide sähkön-jakelujärjestelmässä, lisäksi tarkoituksena on sähköturvallisuuden lisääminen. Oikein tehty suojamaadoitus tekee järjestelmästä täysin turvallisen käyttäjälleen. Suojamaadoituksella tarkoitetaan virtapiiriin kuulumattoman, jännitteelle alttiin osan yhdistämistä johtavasti maahan eli maadoittamista. Suojamaadoituksella pyritään estämään ihmiselle ja eläimille hengenvaarallista kosketusjännitettä vikatilanteissa. /9, 135/.

SFS-käsikirjan 601 mukaan maadoitusjärjestelmän rakenteelle on asetettu viisi vaatimusta, jotka sen tulee täyttää:

- varmistaa mekaaninen lujuus ja korroosionkestävyys
- kestää termiseltä kannalta katsottuna laskelmissa määritetty suurin vikavirta

- estää vahingot omaisuudelle ja laitteille
- varmistaa henkilöturvallisuus huomioon ottaen maadoituksissa maasulun aikana esiintyvät jännitteet
- varmistaa johdolle tietty luotettavuus. /12/.

Maadoitusverkon suunnittelussa käytettiin mallina VEO:n toimittamia edellisiä sähköasemaprojekteja. Kuvassa 7 on esitetty Suomussalmen sähköaseman maadoitusverkon rakenne.



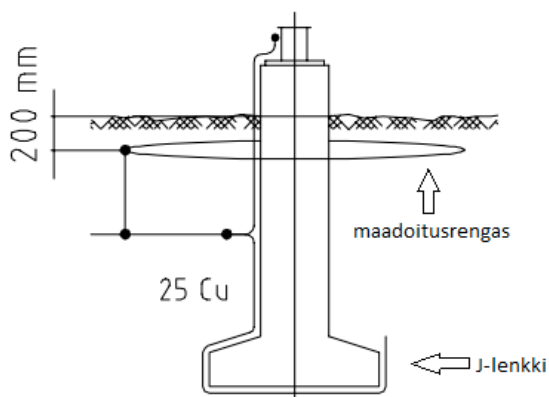
Kuva 7. Sähköaseman maadoitusverkon rakenne.

Kaikki ulkokentällä sijaitsevat laitteet, kojeet, pylväät, portit, aidat ja aitapylväät yhdistettiin maadoitusverkkoon. Aita maadoitettiin joka pylväältä 110 kV linjan alta, muutoin joka kolmannelta pylväältä. Lisäksi 1 m etäisyydelle aidan ulkopuolelle ja valvomorakennuksen ympärille upotettiin potentiaalitasausrenkaat, jotka yhdistettiin maadoitusverkkoon kahdesta eri pisteestä maadoituksen varmentamiseksi. Koko maadoitusverkko yhdistettiin kahdella saattokuparilla vanhan sähkö-

aseman maadoitusverkkoon varmistamaan riittävän hyvä maadoitus uudella sähköasemalla.

Riittävän mekaanisen suojan sekä riittävän maadoituksen varmistamiseksi maadoitusverkko kaivetaan maahan 0,7 m syvyyteen ennen perustusten valamista.

Maadoituksen suunnittelussa VEOlla on pyritty pitämään maadoitusverkon silmukkatiheys korkeintaan 10 m x 10 m. Suomussalmen sähköasemalle sopivin maadoitusverkon silmukkatiheys oli 9 m x 8,4 m, joka kattoi koko sähköaseman alueen tasaisesti. Kojien teräsrakenteet maadoitettiin kahdesta eri pisteestä maadoitusverkon eri johtimeen. Menettely varmentaa maadoituksen toimivuuden jos toinen kaapeli sattuisi menemään poikki. Kentällä sijaitsevien katkaisijoiden sekä erottimien ohjainkoteloiden alle upotettiin potentiaalitasausrenkas, joka yhdistettiin maadoitusverkkoon. Kuvassa 8 on esitetty ohjainkoteloiden maadoitusrenkas sekä perustusten alle upotettava J-lenkki.



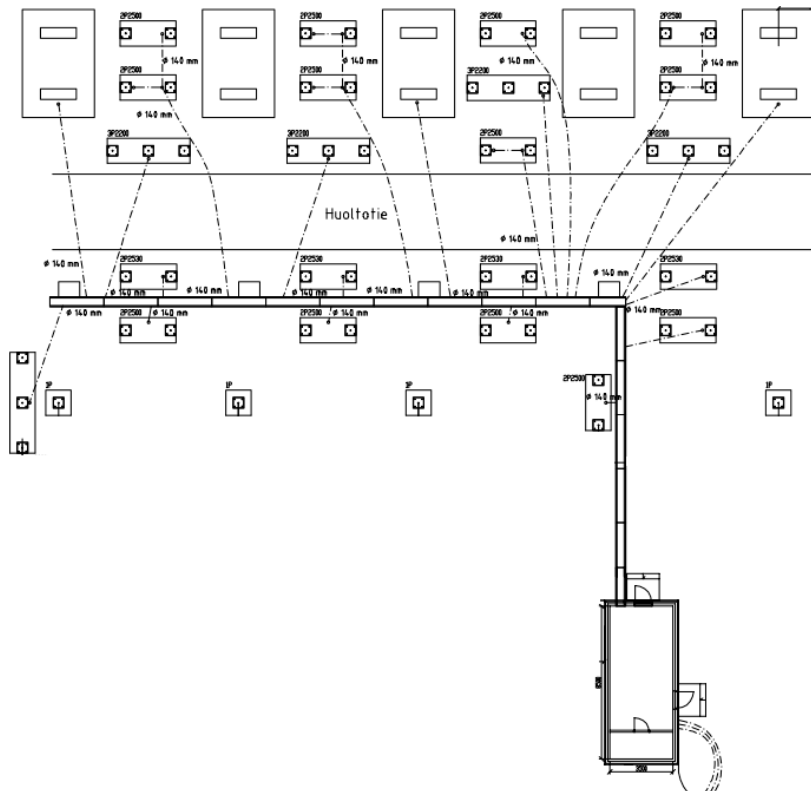
Kuva 8. Ohjainkoteloiden maadoitusrenkas sekä J-lenkki.

Maadoitusruudukolla ja siihen liitetyillä muilla maadoituselektrodeilla huolehditaan, etteivät kosketus- ja askeljännitteet nouse vikatapauksessa liian suuriksi aseman alueella. Erittäin tärkeä merkitys on myös aseman aidan ulkopuolella olevalla uloimmalla johdinelektrodilla. Aseman ulkopuolelle lähtevät maadoituselektrodit aiheuttavat potentiaalisen leviämisen ympäristöön, mikä osaltaan voi mahdollisesti aiheuttaa ongelmia. Yleensä asemapotentiaalit ovat pienemmät kuin pylväspotentiaalit, mutta niiden vaikutusalue on kuitenkin monta kertaa suurempi.

Tästä johtuen aseman ympäristön potentiaali saattaa olla useita kymmeniä prosentteja aseman maadoitusjännitteestä 2-4 km päässä asemalta. /2, 446/.

### 3.3.4 Putkitus ja kaapelointi

Ohjauskäskyt, sähkönsyötöt ohjainten moottoreille ja lämmittimille sekä virta- ja jännitemittaustietojen siirto tehdään kaapeliyhteyksiä pitkin ulkokentän kojeilta asemarakennukseen. Edellä mainittujen toimintojen edellytyksenä ulkokentän kojeille suunniteltiin putkitus, joka kulkee kojeiden perustuksilta kaapelikanavaan, josta kaapelointi nostetaan jakokaapeille. Asemarakennuksen ja jakokaappien välinen kaapelointi toteutettiin kaapelikanavaa pitkin. Kuvassa 9 on esitetty ulkokentän putkitus katkoviivoilla.



Kuva 9. Ulkokentän putkitus.

Putkituksessa käytettiin halkaisijaltaan 140 mm putkea. Huoltotien alle sijoitettavat putket olivat lujuusluokaltaan kestävimpiä, kuin kentän muille osille upotetut putket.

Kaapeliluettelo on luettelo projektissa käytettävistä kaapeleista. Luettelon tarkoituksena toimia apuna kaapelien hankkimista ja lopulta asennusta varten. Kaapeliluetteloon perustuen kaapelointi lisätään myöhemmässä vaiheessa myöskin EPLANilla suunniteltuihin piirikaavioihin. Kaapelit numeroidaan VEOlla seuraavasti:

- AC-kaapelit 2001-2999
- mittauskaapelit 4001-4999
- DC-syöttö ja –ohjaus 5001-5999
- instrumentointi 7001-7999.

Ulkokentälle vedettävät kaapelit olivat tyyppiä MCMK ja MCMO. Asemarakennuksen sisällä käytettiin myös MMJ-kaapeleita ohjaustaulujen välisissä kytkennöissä.

## 4 ULKOKENTÄN KOMPONENTIT

Sähköasemat sisältävät paljon laitteita sekä komponentteja, joiden avulla voidaan muuntaa, katkaista, erottaa ja siirtää sähköä eteenpäin. Näistä tärkeimpiä ovat katkaisijat, erottimet sekä virta- ja jännitemuuntajat.

Tässä luvussa käydään läpi sähköaseman komponenttien rakenteita ja toimintatapoja sekä Suomussalmen sähköasemalle valittuja komponentteja. Komponentit valitaan asiakkaalta saadun teknisen erittelyn pohjalta, jossa on määritelty vaaditut tekniset arvot. VEO kilpailuttaa laitetoimittajat ja valitsee näistä parhaimman tarjouksen antaneen.

### 4.1 Katkaisijat

Virtapiirin turvalliseen avaamiseen ja sulkemiseen käytetään katkaisijaa. Katkaisija pystyy avaamaan oikosulkuvirtapiirin rikkoutumatta, jossa virta on moninkertainen katkaisijan jatkuvan tilan mitoitusvirtaan verrattuna. /2, 162-163/.

Katkaisijaa voidaan ohjata käsinohjauksella kytkinkentällä tai automaattisesti. Automaattinen avautumiskäsky laukaisukäämille tulee suojareleeltä, joka on yhdistetty virtapiiriin mittamuuntajien avulla. Yleisimmät viat 110 kV:n siirtoverkossa ovat ulkoisista syistä johtuvat ja verkon komponenttien vikautumisesta aiheutuvat oikosulut ja maasulut, jotka johtavat katkaisijan automaattiseen avautumiseen. Hetkellisen vian kuten salaman aiheuttaneen maasulun poistuttua jälleenkytkentäreleistys ohjaa katkaisijan automaattisesti kiinni./2, 162/, /10/.

Katkaisijat voidaan jakaa katkaisukammiossa käytettävän väliaineen mukaan kuu-teen eri ryhmään:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat (1905-1950)
- vähäöljykatkaisijat (1930-1985)
- paineilmakatkaisijat (1930-1970)

- tyhjiökatkaisijat (1975-)
- SF<sub>6</sub>-katkaisijat (1980-). /2, 169/.

Seuraavaksi tarkastellaan erityyppisten katkaisijoiden toimintatapoja pintaraa-  
paisuna. Ainoastaan SF<sub>6</sub>-katkaisijaan paneudutaan tarkemmin, koska Suomussal-  
men sähköasemalle tilatut katkaisijat olivat SF<sub>6</sub>-katkaisijoita asiakkaan toiveesta.

Kaikkia luettelosta löytyviä katkaisijoita on vielä käytössä sähkönjakelussa Suo-  
messä, mutta -tekniikan kehittyessä tyhjiökatkaisijat ja SF<sub>6</sub>-katkaisijat ovat syr-  
jäyttäneet muut katkaisijatyypit.

Pääpiirteittäin katkaisutapahtumassa on luonteenomaista, ettei virta katkea samal-  
la hetkellä kun koskettimet avataan, vaan virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren  
välityksellä kunnes valokaari saadaan sammumaan. /3, 246/.

**Ilmakatkaisija** lienee vanhin katkaisijatyyppe, joka on vielä käytössä. Katkaisu-  
kärjet on sijoitettu normaalipaineiseen ilmaan ja ne on suojattu tulenkestävällä ja  
eristävällä valokaarisuojauksella. Sammutuskammiossa on normaalisti lukuisia  
välilevyjä, jotka tehostavat valokaaren sammumista jakamalla valokaaren osiin ja  
jäähdyttää sitä.

Ilmakatkaisijoissa on erikseen pää- ja valokaarikoskettimet. Katkaisijan ollessa  
suljettuna, virta kulkee pääkoskettimia pitkin, aukaisutilanteessa pääkoskettimet  
avautuvat ensin, jolloin katkaisuvalokaari syntyy valokaarikoskettimille, tämä  
toiminto suojaa pääkoskettimia vahingoittumiselta. Valokaaren sammutus tapah-  
tuu vetämällä se nopeasti moniosaiseen sammutuskammioon. Valokaari sammuu  
sen seuraavassa nollakohdassaan, ellei kyseessä ole virtaa rajoittavasta katkaisi-  
jasta, jolloin valokaari sammuu jo ennen odotettua huippuarvoa. Ilmakatkaisijoita  
valmistetaan tyypillisesti 500 V:iin saakka ja mitoitusvirrat saattavat nousta 10  
kA:iin. Katkaisuvirrat ovat 25-50 kA. /2, 172-174/.

**Öljykatkaisijoissa** käytetään mineraaliöljyä valokaaren sammutusaineena. Toi-  
minta perustuu siihen, että öljy kaasuuntuu valokaaren vaikutuksesta ja hajoaa  
osiin. Valokaarta ympäröivällä kaasuvaipalla on voimakas sammuttava vaikutus.

Suuren öljymäärän ja huonon katkaisukyvyyn takia niiden käyttö on jäänyt hyvin vähäiseksi nykypäivänä. Suuri öljymäärä aiheutti myös vaarallisia räjähdyksiä kytkinlaitoksilla. /2, 174-175/.

**Vähäöljykatkaisijat** kehitettiin vaarallisten räjähdysten välttämiseksi. Öljykatkaisijaan verrattuna jäljelle oli jäänyt vain sammutuskammion öljy. Vähäöljykatkaisijoissa on rakennettu sammutuskammiot jokaiselle vaiheelle erikseen eristimien varaan. Samalla saatiin öljyn määrä pieneksi. Valokaaren sammutus perustuu öljyn höyrystyessä syntyvään paineeseen ja paineen vaikutuksesta syntyvään öljyn virtaukseen. Sammutusta tehostavat sammutuskammion muotoilu sekä erilaiset pumppauslaitteet, jotka suuntaavat öljyn virtausta valokaaren suuntaan tai poikittain sitä vastaan. Kosketinpuikkojen liike saadaan aikaan jousien avulla vähäöljykatkaisijoissa. Jousien viritys tapahtuu esimerkiksi joko käsin tai moottorin avulla. Tyypillinen käyttöalue on ollut 7,2...123 kV jännitteillä. /3, 254-255/.

**Paineilmakatkaisijat** soveltuvat parhaiten vaativaan käyttöön, etenkin jos oikosulkuvirtojen katkaisuja tapahtuu usein sekä nimellis- ja oikosulkuvirrat ovat suuria. Paineilmaa käytetään sammuttamaan valokaaren sekä ohjaamaan katkaisijaa. Paineilmakatkaisijoita löytyy suurimpiin jännitteisiin ja katkaisuvirtoihin saakka, mutta käyttöön liittyvänä haittapuolena on paineilmaverkoston tarve tehokkaine ilmankuivausjärjestelmineen sekä suuri meluhaitta. Yhdellä katkaisupäällä selvittää aina 72,5 kV:iin asti ja siitä suurempiin jännitteisiin katkaisupäitä joudutaan kytkemään useampia sarjaan. /2, 177/.

**Tyhjökatkaisijat** poikkeavat edellä mainituista katkaisijoista rakenteeltaan siinä, että ne ovat varsin yksinkertaisia. Tyhjösäiliössä tarvitaan vain kiinteä ja liikkuva kosketin. Toiminta perustuu siihen, että koskettimet erkanevat toisistaan, valokaari jää palamaan kosketinpinnoilta höyrystyneeseen metallipilveen ionisoituneen kaasun sijaan. Kun virta saavuttaa nollakohtansa metallihöyryn ionisaatio katoaa ja höyry tiivistyy. Höyry kiinnittyy pikaisesti kosketinpinnoille, jolloin valokaari saadaan sammumaan, koskettimien hyvän jännitelujuuden ansiosta. Toimintaprosessin nopeudesta johtuen, katkaisukyky ei ole riippuvainen juuri ollenkaan palaavan jännitteen muodosta tai jyrkkyydestä. Katkaisuyksikkö omaa pitkän elin-



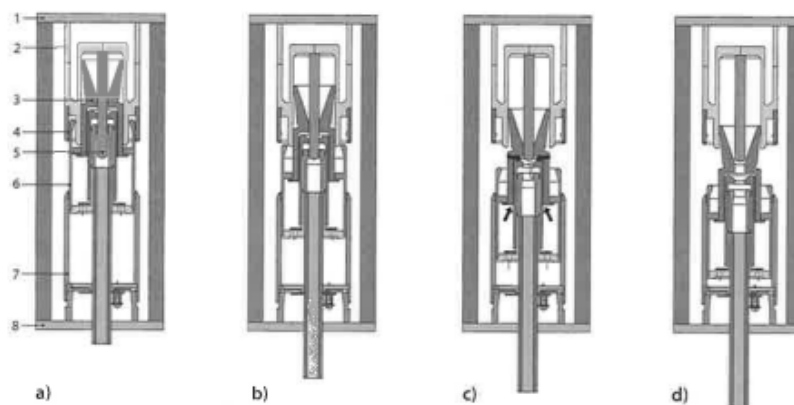
kaaren eikä sitä tarvitse huoltaa. Se pystyy toimimaan 20-100 kertaa täydellä oikosulkuvirralla ja 10 000- 20 000 kertaa mitoitusvirralla. Mekaaninen elinikä on 10 000- 30 000 toimintaa sekä ohjaimelle että katkaisijalle. Ohjaimena toimii moottorijousiohjain. Tyhjökatkaisijan katkaisukyky on 31,5-40 kA mitoitusvirran ollessa 2000-3000 A. Vikavirtojen sulkemiskyky on tällöin 80-104 kA. /2, 182-183/.

**SF<sub>6</sub>-katkaisijan** sammutuskammiossa käytetään nimensä mukaisesti SF<sub>6</sub>-kaasua, joka on hajutonta, palamatonta, puhtaana täysin myrkytöntä ja 20 °C:n lämpötilassa sen tiheys on jopa viisinkertainen ilmaan verrattuna. SF<sub>6</sub> kaasua omaa erittäin hyvän jännitelujuuden ja suuren valokaaren jäähdytyskyvyn, jonka vuoksi se on hyvä katkaisukaasu. SF<sub>6</sub> kaasua on kuitenkin luokiteltu kasvihuonekaasuksi, minkä vuoksi sen käyttö täytyy olla hallittua ja haitalliset vuodot täytyy saada minimoitua. /7/.

SF<sub>6</sub>-katkaisijan kehitys on keskittynyt erityisesti katkaisutekniikkaan. Ensimmäiset katkaisijat olivat kaksipainekatkaisijoita. Kaasua johdettiin katkaisutapahtuman aikana korkeapaineosasta matalapaineosaan, jossa katkaisukohta oli. Järjestelmän heikkous oli apulaitteiden suuri määrä. /2, 179/, /3, 259/.

SF<sub>6</sub>- ja seoskaasukatkaisijoiden yleistyminen alkoi kun siirryttiin yksipainejärjestelmään, jossa paine-eron ja kaasun virtaus saadaan aikaan avausliikkeen aikana liikkuvaan koskettimeen kytketyllä mäntä-sylinteri-järjestelmällä. Tätä järjestelmää kutsutaan myös pufferikatkaisijaksi. Ainoana ratistena pufferikatkaisijalle, etenkin keskijännitteellä oli sen suuri ohjausenergian tarve, jonka vuoksi kehitettiin SF<sub>6</sub>-katkaisija, joka ottaa valokaaren sammuttamiseen tarvitsevansa energian katkaistavasta virrasta. Energia saadaan pyörittämällä valokaarta virran itsensä aiheuttaman magneettikentän avulla. Valokaarta jäähdyttävä virtaus saadaan aikaan katkaisukammiossa olevien venttiilien ja valokaaresta johtuvan paineennousun avulla, niin sanottu itsepuhallusperiaate eli self-blast. Paineennousua käytetään myös hyväksi tehostamaan katkaisijan aukiohjautumista. /2, 179/, /3, 259/.

Viimeisimpänä mainitun SF<sub>6</sub>-katkaisijan valokaaren sammutus tapahtuu seuraavasti. Pääkoskettimet avautuvat ensin, jolloin virta siirtyy valokaarikoskettimille. Avautumisliikkeen jatkuessa valokaarikoskettimet avautuvat ja valokaari syntyy niiden väliin. Pää ja valokaarikoskettimien avautumisliike liikuttaa myös mäntää niiden alapuolella, jonka seurauksena mäntä puristaa kaasutilaa kasaan. Tämän seurauksena kaasu virtaa (nuolet osoittavat kaasun virtauksen kohdassa c) valokaareen joka sammuu. Kaasuvirtauksen voimakkuus ja suunta optimoidaan suppilomaisen suokappaleen avulla. Toiminta on havainnollistettu kuvassa 10. /2, 179/, /3, 259/.



Kuva 10. Itsepuhalluskatkaisuperiaate. /2/

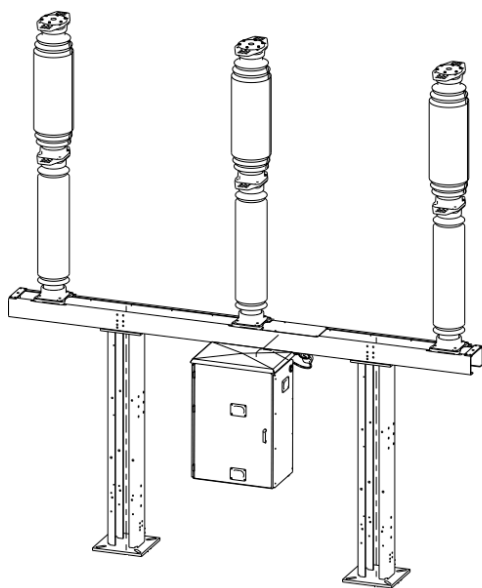
- a) katkaisija kiinni
- b) pääkoskettimet avautuvat
- c) valokaarikoskettimet avautuvat
- d) katkaisija auki

SF<sub>6</sub>-katkaisijoiden ohjaukseen käytetään moottorijousiohjaimia. Ennen käytettiin myös hydraulisia ja pneumaattisia ohjaimia. Jouset aikaansaavat ainoastaan koskettimien nopean, ohjausliikkeestä riippumattoman liikkeen katkaisijissa, muuten valokaaren sammutuksen käytettävä energia otetaan valokaaren energiasta. /2, 181/.

SF<sub>6</sub>-katkaisijat ovat taloudellisin vaihtoehto, johtuen katkaisupäiden pienestä lukumäärästä sekä niiden huoltovälistä. Huoltovälit ovat jopa 10 vuotta uusimmilla SF<sub>6</sub>-katkaisijoilla. Elinikä on 5 000-10 000 toimintakertaa ja täydellä oikosulkuvirralla ne kestävät 10-20 katkaisua. /2, 180/.

Täysin ongelmattomia SF<sub>6</sub>-katkaisijat eivät ole. Alhaiset lämpötilat aiheuttavat kaasun tiheyden laskemisen ja täten eristyslujuuden heikkenemisen sekä nopeat lämpötilan vaihtelut ovat ongelmia SF<sub>6</sub>-katkaisijalle. Sopivalla seoskaasulla (SF<sub>6</sub> ja N<sub>2</sub>) ja riittävän alhaisella osapaineella ongelma saadaan ratkaistuksi ja käyttölämpötila-alue laajennettua aina -50 °C:een asti. Seoskaasun eristyslujuus ei vastaa täysin puhtaan SF<sub>6</sub>-kaasun ominaisuuksia, joten katkaisijan mitoitus on tästä syystä hieman erilainen. /7/.

Kuvassa 11 on esitetty Suomussalmen sähköasemalle tilattu ABB LTB 145D1/B SF<sub>6</sub>-katkaisijan kokoonpano teräsrakenteiden ja ohjainkotelon kanssa. Tilatun katkaisijan oikosulun katkaisukyky oli 31,5 kA ja nimellisvirta 3,15 kA.



Kuva 11. ABB LTB 145D1/B SF<sub>6</sub>-katkaisija.

## 4.2 Erottimet

Erottimen tärkeimmät tehtävät ovat sähköturvallisuusmääräysten mukaan muodostaa turvallinen avausväli virtapiiriin ja muun laitoksen välille ja näin tehden

työskentelystä turvallista. Näiden perusteella erottimien avausvälin on oltava erittäin luotettava, mikä edellyttää ensiksikin sitä, että avausvälin on oltava näkyvä tai erotin on varustettava näkyvällä asennonosoituksella. Toiseksi erottimen avausvälin jännitelujuuden on oltava suurempi verrattuna muuhun ympäröivään eristyksen. Vaaraa aiheuttavan käytön takia on voitava lukita erotin sekä auki- että kiinniasentoihin niin, ettei virheellistä ohjausta tapahdu tahattomasti, esimerkiksi huollon aikana. Lisäksi Suomessa käytettäville erottimille lisävaatimuksena on, että erotin pystyy toimimaan kovilla pakkasilla sekä jäätävissä olosuhteissa. Tämä tarkoittaa kykyä murtaa jopa 20 mm:n jääkerros sekä kiinni- että aukiohjauksessa.

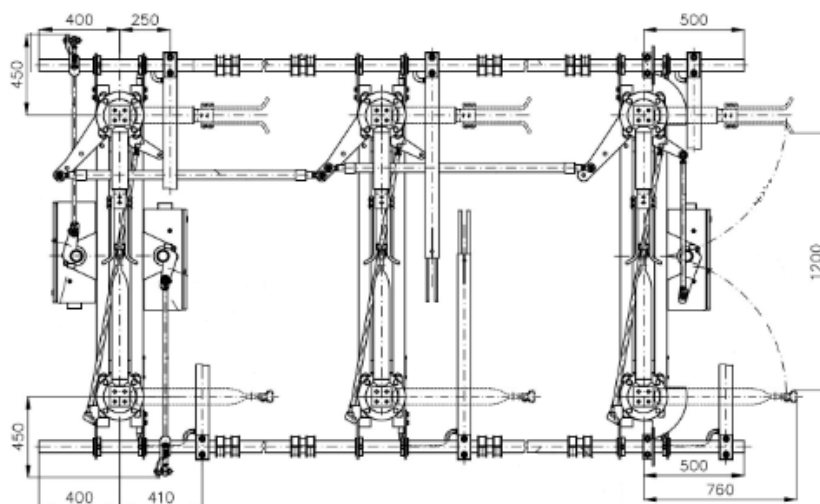
Katkaisijaan verrattuna erottimelta ei vaadita kykyä katkaista tai sulkea kuormitettua virtapiiriä. Käytännössä erottimella kuitenkin voidaan erottaa lyhyt kisko tai johto, sekä katkaisemaan muuntajan tyhjäkäyntivirta. Kiinni-asennossa erottimelta vaaditaan, että se kykenee moitteettomasti johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirrat. /2, 190/.

#### **4.2.1 Erottimien rakenne**

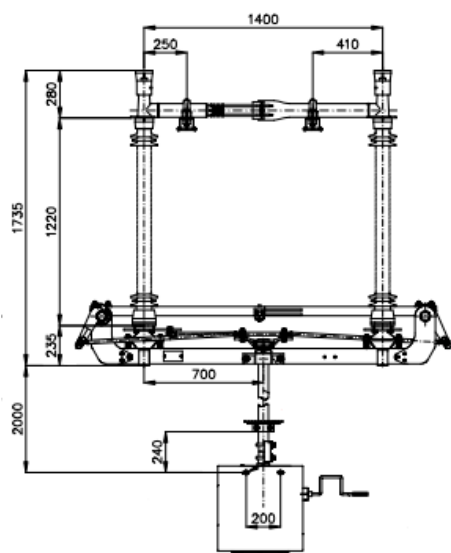
Erottimien eristimet valmistetaan posliinista tai silikonipäällysteisestä komposiittimateriaalista, jotka soveltuvat käytettäväksi 110 kV jännitteillä tai sitä suuremmilla jännitteillä. Valuhartsista valmistettuja eristimiä voidaan käyttää keskijänniteverkoissa. Virtaa kuljettavat osat ovat liikkuvat veitset ja kiinteät koskettimet.

Erotintyypit on lajiteltu koskettimien liikkumissuunnan mukaan, mutta nimityksiä ei ole standardisoitu, joten nimitykset voivat muuttua valmistajien mukaan. Tärkeimpiä erotintyyppejä ovat kaksipilarinen vaakatasossa liikkuva kiertoerotin, kolmpilarinen vaakatasokiertoerotin ja pystysuunnassa liikkuvat saksierottimet. Pystysuunnassa liikkuvat erottimet säästävät maa-alaa, mutta tarvitsevat paljon tilaa pystysuunnassa. Yleisin erotintyyppi kytkinlaitoksilla on kiertoerotin. Erottimet voidaan varustaa myös maadoitusveitsillä, joiden tarkoitus on työmaadoituksen ohella estää vikavirtojen ja indusoituneiden jännitteiden pääsyn johdolle verkossa työskenneltäessä. Maadoituserottimet on suljettava turvallisuussyistä ennen työmaadoituksen tekoa. /2, 192-193/.

Eroittimia voidaan ohjata käsi- tai moottoriohjauksella. Moottoriohjatut erottimet on varustettu kauko-, paikallis- ja käsiohjauksella. Kauko-ohjauksella tarkoitetaan erottimen ohjausta esimerkiksi radioverkon, kaukokäyttöjärjestelmän tai älypuhelimien avulla. Kaukokäyttöjärjestelmä on suunniteltava huolellisesti, ettei vaarallisia kytkentöjä tapahdu kun verkossa työskennellään. /2, 197/.



Kuva 12. Suomussalmella käytettävän Hapam-erottimen rakenne yläpuolelta.



Kuva 13. Hapam-erottimen rakenne sivulta.

Kuvassa 12 on esitetty Suomussalmen sähköasemalla käytettävä Hapam-kiertoerottimen rakenne yläpuolelta esitettynä ja kuvassa 13 rakenne sivultapäin

esitettyinä. Erotin on varustettu kaksilla maadoitusveitsillä. Koskettimien avautumissuunta on esitetty katkoviivoilla.

### 4.3 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat virran tai jännitteen mittaukseen tarkoitettuja erikoisrakenteisia muuntajia. Mittamuuntajien tehtävänä:

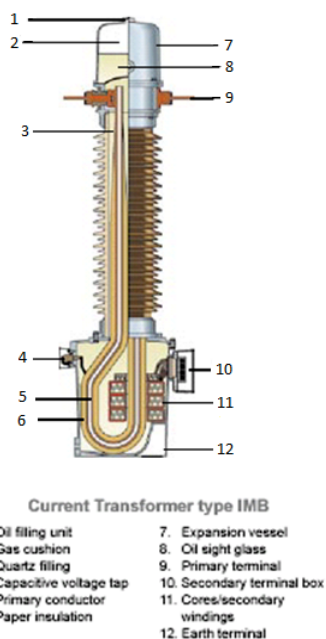
- erottaa galvaanisesti suurjännitteisen pääpiirin mittauspiiristä
- muuttaa mitta-alaa ja samalla mahdollistaa mitta- ja suojalaitteiden standardoinnin tiettyihin nimellisarvoihin
- ylikuormituksen suojaus mittareille
- mahdollistaa mittareiden ja suojareleiden sijoittamisen kauaksi varsinaisesta mittauspaikasta.

Mittamuuntajien on toistettava mitattu jännite tai virta mahdollisimman tarkasti normaalilla kuormitusalueella. Tarkkuusluokka ilmoittaa virheiden suuruuden. Tyhjäkäyntivirta ja hajareaktanssit aiheuttavat virheitä mittaustuloksiin, vaikutukset näkyvät mittamuuntajien virta-, jännite-, ja kulmavirheinä. /2, 198/.

#### 4.3.1 Virtamuuntajat

Virtamuuntajan tarkoitus on muuntaa piirin virta sopivaksi suojaukseen, valvontaan ja mittaukseen käytettäville suojareleille ja mittareille sekä erottaa ensiö- ja toisiopiirit toisistaan. Virtamuuntajat kytketään sarjaan mitattavan kuorman kanssa.

Navat merkitään P1-P2 ensiopuolella ja S1-S2 toisiopuolella. Mikäli virtamuuntaja sisältää enemmän kuin yhden sydämen, jokaisella sydämellä on oma toisiokäämi, mutta yhteinen ensiokäämi. Standardisoidut ensiovirrat ovat 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75 A sekä näiden kymmenpotenssin kerrannaiset ja osat. Mitoitustoisiovirta on standardisoitu joko 1 A tai 5 A. Virtamuuntaja on usein mahdollista vaihtokytkeä kahdelle ensiovirralle. /15/.



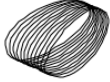
Kuva 14. Virtamuuntajan rakenne.

Kuvassa 14 on esitetty virtamuuntajan rakenne, josta tarkastellaan tärkeimmät osat. Virta tuodaan liittimelle (9), josta se kulkeutuu kupari- tai alumiinijohtimella (5) alas. Virran muuntaminen tapahtuu rautasydämissä ja käämeissä (11). Suojareleille ja mittareille mittaustieto saadaan liittinkotelosta (10). Virtamuuntaja saadaan maadoitettua liittimestä (12). Virtamuuntajan sisällä oleva johdin eristetään esimerkiksi kvartsilla ja paperilla. /6/.

Ulos asennettavat virtamuuntajat ovat yleensä öljytäytteisiä ja hermeettisesti suljettuja, mikä suojaa eristeitä ulkoilman kosteudelta. Ulkoinen eristys on toteutettu posliinikuorella tai silikonikumipäällysteisellä komposiittikuorella, mikä ei hajoa sisäisessä vikatilanteessa. Virtamuuntajalle on ominaista, että samassa laitteessa voi olla monta erilaista sydäntä. Suojaus- ja mittaustarkoitukseen ei tarvita erillisiä virtamuuntajia vaan pelkät erityyppiset sydämet riittävät, koska eri virtamuuntajasydämet eivät häiritse toisiaan. /2, 211/.

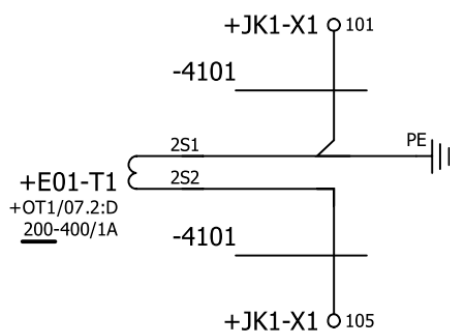
Suomussalmen sähköasemalla käytettävät virtamuuntajat olivat tyypiltään Arteche CA-123. Nelisydämiisiä ja ensiovirroiltaan 200-400 A sekä 400-800 A. Ensiovirroiltaan 400-800 A virtamuuntajat tulivat Aittokosken ja Seitenoikean lähtöihin. Kuvassa 15 on esitetty Suomussalmella käytetyn virtamuuntajan tyyppikilpi, josta

nähdään eri käämien tarkkuusluokat, taakat ja ensio- sekä toisiovirrat. 1S1-1S2 käämit on tarkoitettu mittaukseen ja loput käämit suojaukseen.

		VIRTAMUUNTAJA CA-123					
Nro 14025406		2014 IEC 61869-2:2012				<b>artech</b>	
Eristystaso: 123/230/550 kV							
Ipr: 400A		lcth: 120%		f <sub>N</sub> : 50Hz		Öljyn paino: 40kg	
Ith: 31,5kA 1s		Idyn: 80kA		T : -50/+40°C		Kokonaispaino: 240kg	
Taisio		1S1-1S2	2S1-2S2	3S1-3S2	4S1-4S2		
Ipr(A)		400	400	400	400		
		200	200	200	200		
I <sub>sr</sub> (A)		1	1	1	1		
Taakka (VA)		10	10	10	10		
Luokka		0.2S	10P	10P	10P		
FS-ALF		5	50	50	50		
Säätökeskus ~							
Öljyöljy		NYNAS NYTRO 10XN		Aikavakio: ms			

Kuva 15. Virtamuuntajan tyyppikilpi.

Ettei virtamuuntajien toisiokäämien potentiaalit nousisi liian suuriin arvoihin ja aiheuttaisi vaaraa ihmisille etenkin virtamuuntajan sisäisessä viassa, ne on maadoitettava joko S1- tai S2-navastaan. Tapana on maadoittaa suojarelettä lähinnä oleva napa ja mittareita syöttävien käämien tapauksessa käyttäjää lähinnä oleva napa. Varalla olevat käämit oikosuljetaan, koska avoin piiri toisiossa johtaisi ylijännitteisiin ja virtamuuntajan hajoamiseen. Kuvassa 16 on esitetty 2S1-2S2 toisiokäämin kytkennästä missä näkyy edellä mainittu maadoitus. /2, 214-215/.



Kuva 16. Esimerkki 2S1-2S2 kytkennästä.

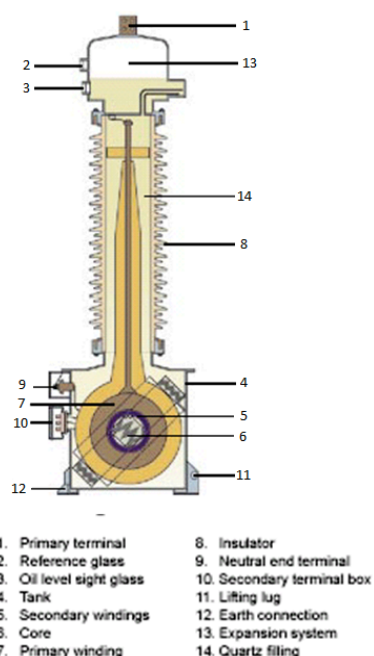
Käämit 1S1-1S2 johdotettiin energiamittaukseen, käämit 2S1-2S2 johdotettiin pääsuojareleen virtakanaviin, käämit 3S1- 3S2 johdotettiin varasuojareleen virtakanaviin ja 4S1-4S2 tulivat varalle.



### 4.3.2 Jännitemuuntajat

Jännitemuuntajan tarkoituksena on muuntaa jännite ensiopiiristä sopivaksi toisiokojeille sekä eristää galvaanisesti ensiopiiri toisiosta. Virtamuuntajien tavoin niitä voidaan käyttää suojaukseen sekä mittaukseen. /16/.

Jännitemuuntajat ovat tavallisesti yksivaiheisia, toimintaperiaatteeltaan joko induktiivisia tai kapasitiivisia. Jännitemuuntajat rakennetaan öljy-, SF<sub>6</sub>- ja valuhartsieristeisenä. Valuhartsieristeinen jännitemuuntaja on tarkoitettu sisäasennuksiin keskijännitteellä. Öljy- ja SF<sub>6</sub>-eristeistä jännitemuuntajaa on saatavilla kaikille jännitetasoille. /2, 218/.



Kuva 17. Jännitemuuntajan rakenne.

Kuvassa 17 on esitetty jännitemuuntajan rakenne, josta tarkastellaan tärkeimmät osat. Vaihejännite tuodaan liittimestä (1) sisään. Ensiökäämiin (7) jännite saadaan keskilinjaa pitkin, jolloin toisiokäämi (5) syöttää alennetun jännitteen toision liittinkoteloon (10). Liitinkotelosta mittautustieto viedään suojareleille. Jännitemuuntajan runko voidaan maadoittaa liittimestä (12). /6/.

Suomussalmen sähköasemalla jännitemuuntajiksi tuli Arteche UTD-123. Kuvassa 18 on esitetty tyyppikilpi, josta nähdään tärkeimmät tekniset arvot, kuten muun-  
tosuhteet ensio- ja tosiokäämeille, tarkkuusluokat ja taakat.

JÄNNITEMUUNTAJA			
Malli	UTD-123	Nro	14025408 2014
U <sub>PR</sub>	A-N		110000/V3 kV
U <sub>GR</sub>	a-n		da-dn
Toisio	100/V3		100/3 V
VA	100		30
Luokka	0,2		3P
Standardi	IEC 61869-1:2007		
Öljylaji	NYNAS NYTRO 10XN		
Lämpötil.alue	-50/+40°C		
Kokonaispaino		300 kg	Öljyn paino 65 kg
TÄRKEÄÄ: HERMEETTISESTI SULJETTU, AVAAMINEN KIELLETTY			



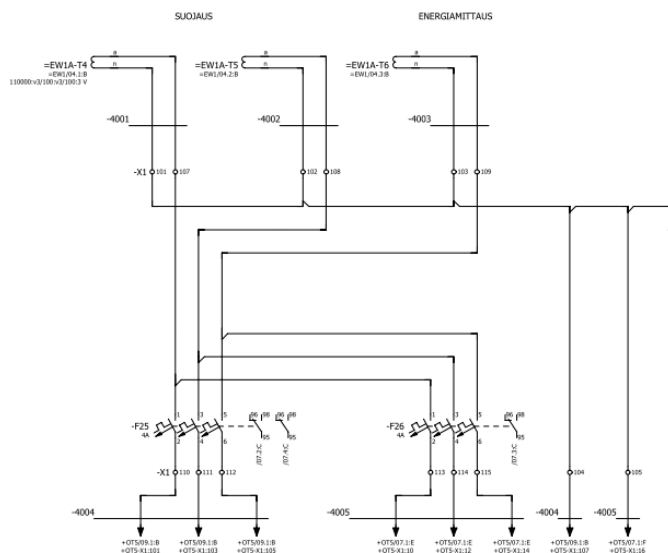
arteché

kV	123/230/550
Hz	50

Nimellisjännitekerroin	1.9Un30s
------------------------	----------

Kuva 18. Jännitemuuntajan tyyppikilpi.

Jännitemuuntajan liitinmerkit ovat standardoidut. Isoilla kirjaimilla viitataan ensiokäähmeihin ja pienillä kirjaimilla tosiokäähmeihin. Liitinmerkinnät a-n on tarkoitettu mittaukseen ja suojaukseen. Liitinmerkinnät da-dn tarkoittavat avokolmiokytkentään tarkoitettuja käämejä, josta voidaan mitata  $U_0$  jännite. Mittaus-, suojaus- ja nollajännitepiiri suojataan varokkeilla. Kuvassa 19 on esitetty Suomussalmen projektista esimerkki, kuinka suojaus- ja energiamittauspiiri suojataan varokkeilla ja nollapiste maadoitetaan. /2, 220/.



Kuva 19. Jännitemuuntajan kytkentä esitettynä piirikaaviossa.

## 5 RELESUOJAUS

Sähköenergian häiriötön jatkuvuus on kuluttajille tärkeää. Sähkönjakelun varmuus pyritään pitämään mahdollisimman hyvänä. Tehokkaalla relesuojauksella erotetaan verkonosa vikatilanteessa mahdollisimman pieneksi ja palautetaan normaalisti ohimenevissä vikatilanteissa. Suojareleet tarkkailevat jatkuvasti sähköverkon tilaa. Vian sattuessa suojareleet ohjaavat automaattisesti katkaisijoita ja erottimia viallisen osan eroon saamiseksi muusta sähköverkosta. Relesuojaukselta vaaditaan seuraavat perusvaatimukset:

- Suojauksen on oltava selektiivinen eli erotettava vikapaikka niin, että vika ei leviä koko verkkoon sekä mahdollisimman pieni osa verkosta on ilman sähköä.
- Suojauksen on toimittava niin nopeasti, että häiriön aiheuttamat vahingot jäävät pieniksi.
- Relesuojauksen on suojattava aukottomasti koko sähköverkkoa.
- Relesuojauksen on oltava yksinkertainen ja käyttövarma.
- Relesuojauksen on mahdollistettava koestus käyttöpaikalta käytön aikana.

/8/

Sähköasemilla suojareleiden sähkönsyöttö varmistetaan 110 VDC:n akustolla. Akusto varmistaa releiden toimintakyvyn vaikka sähköaseman omakäytösähkö katkeaisi. Releiden apusähkö voidaan myös varmistaa kondensaattorilaukaisulaitteen avulla, mutta Suomussalmen sähköasemalla akusto syöttää käyttöjännitteen releille vikatilanteissa.

Suomussalmen sähköaseman relesuojaus toteutettiin ABB REF630, ABB REF615 ja ABB REL670 suojareleillä.

Pääsuojauksen suojareleinä käytettiin ABB REF630-releitä johtolähdöissä Ämmä, BT1 ja Kurimo. Seitenoikean suojaukseen käytettiin ABB REL670-suojarelettä.

Pääsuojauksen suojareleissä käyttöönotettavat toiminnot:

- distanssisuoja  $Z<$ , vain kentässä E02 Seitenoikea
  - Rengas- tai silmukkaverkkojen pitkien johtojen suojaukseen. Toiminta perustuu distanssireleillä sijoituspaikan ja vikapaikan välisen johdon vikavaiheen impedanssin mittaukseen. Releen havahtumiselimenä toimii ali-impedanssi  $Z<$ . /8, 53-56/.
- ylivirtasuojat  $I>$ ,  $I>>$ 
  - Ylivirtasuojauksen mittaussuurena ovat verkossa kulkevat vaihevirratt. Havahtuminen tapahtuu kun yhdenkin vaihevirran suuruus ylittää releeseen asetellun arvon ja laukaisee asetellun aikahidastuksen kuluttua. Ylivirtasuojaus toteutetaan vakioaikaylivirtarelein, jossa  $I>$  on aikalaukaisuporras ja  $I>>$  on pikalaukaisuporras. /8, 24/.
- suunnatut maasulkusuojat  $I_0>$  ->
  - Suunnattu maasulkusuoja toteutetaan johtokohtaisella maasulkureleistyksellä. Maasulkusuojauksen tulee toimia selektiivisesti ja niin ettei maasulku aiheuta vaarallisia kosketusjännitteitä.  $I_0>$  on nollavirtaporras, joka mittaa maasulun summavirran suojattavan johdon alussa ja  $U_0>$  on nollajännite, joka mittaa nollajännitteen jännitemuuntajan avokolmiokytkennästä. /8, 68/, /8, 75/.
- tahdissaolovalvonta
  - Käytetään automaattisessa jälleenkytkennässä ja käsiohjauksessa kun varsinaista tahdistinta ei ole. Tahdissaolovalvonta varmistaa katkaisijaa kiinni ohjatessa, että katkaisijan molemmin puolin jännitteiden amplitudi-, vaihekulma- ja taajuuserot ovat sallituissa rajoissa. /2, 356/.

- jälleenkytkentä PJK+AJK
  - Jälleenkytkentöjä tehdään avojohtoverkon vioissa. Tarkoituksena on käyttää johto jännitteettömänä, jolloin jännitteettömänä aikana avojohdolla esimerkiksi ylijännitteen aiheuttama valokaari sammuu. Pikajälleenkytkentä tulee olla lyhyt, jolloin kuluttajille on tästä mahdollisimman vähän haittaa. Aikajälleenkytkentää käytetään epäonnistuneen pikajälleenkytkennän jälkeen. Tyypillisesti pikajälleenkytkennän pituus on 0,3 s ja aikajälleenkytkennän pituus 30 ...180 s. /8, 32-33/.
- SOTF
  - Suojauksen toiminta perustuu katkaisijan tilatietoon sekä virran ja jännitteen mittaukseen. Mikäli linjalla on vika katkaisijaa kiinni ohjatessa, suoja tunnistaa vian ja laukaisu tapahtuu heti kun katkaisija on kiinni. /1/
- häiriötallennin
  - Häiriötallentimella voidaan tallentaa vikatilanteessa virtojen ja jännitteiden käyrämuodot. Tallentimen muisti voidaan siirtää väylän kautta valvomoon ja tarkastella relevalmistajan ohjelmalla tallennetta. /8, 43/.

Varasuojan suojareleinä käytettiin ABB REF 615 jokaisessa johtolähdössä. Varasuojana käytettävästä suojareleestä käyttöönotettavat toiminnot:

- ylivirtasuojat  $I>$ ,  $I>>$
- maasulkusuojat  $I_0>$ ,  $I_0>>$
- suunnatut maasulkusuojat  $I_0> \rightarrow$ .

Kiskostonsuojaukseen käytettiin ABB REF 630-suojarelettä. Suojareleestä käyttöönotettavat toiminnot:

- ylivirtasuojat  $I>$ ,  $I>>$

- maasulkusuojat  $I_{0>}$ ,  $I_{0>>}$
- nollajännitesuojat  $U_{0>}$ ,  $U_{0>>}$ 
  - Kiskoston suojaukseen käytetään kaksiportaista nollajänniterelettä. Kyseinen suojaus laukaisee vian varasuojana silloin jos johtolähtöjen suojareleet ei toimi. /8, 75/.

Kuvassa 20 on esitetty Suomussalmen sähköaseman kaikkien johtolähtöjen ylivirtasuojauksen asettelut. Asettelut tulivat asiakkaan puolesta, koska asiakkaalla on parempi tuntemus kyseistä verkosta sekä paremmat laskentatyökalut.

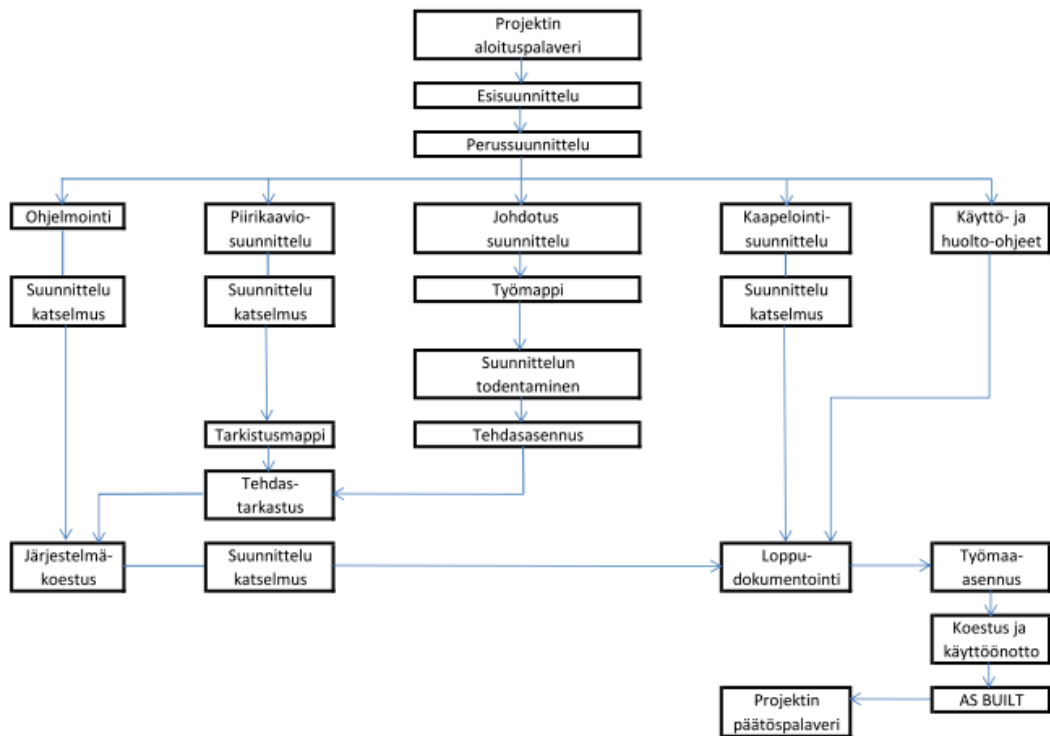
LÄHTÖ	RELE	VM	$I_{>} (* I_n)$	$I_{>} (A)$	$t_{>} (s)$	$I_{>>} (* I_n/kA)$	$t_{>>} (s)$
ÄMMÄ	REF630 (A1)	200-400/1 A	1.25*	266	3	5.5*/1.1kA	0
	REF615 (A2)	200-400/1 A	1.25*	250	3,1	5.5*/1.1kA	0,1
SEITENOIKEA	REL670 (A1)	400-800/1 A	1.33*	532	3,3	3.32*/1.33kA	0,35
	REF615 (A2)	400-800/1 A	1.33*	532	3,3	3.32*/1.33kA	0,35
BT1	REF630 (A1)	400-800/1 A	1.00*	400	2	3.32*/1.33kA	0,35
	REF615 (A2)	400-800/1 A	1.00*	400	2,1	3.32*/1.33kA	0,35
KURIMO	REF630 (A1)	200-400/1 A	1.20*	240	1,6	5.5*/1.1kA	0
	REF615 (A2)	200-400/1 A	1.20*	240	1,7	5.5*/1.1kA	0,1

Kuva 20. Ylivirtasuojauksen asettelut.

## 6 SUUNNITTELU

### 6.1 VEO:n suunnitteluprosessi

VEO:n suunnitteluorganisaatio muodostuu suunnittelupäälliköstä, pääsuunnittelijasta ja apusuunnittelijoista. Suunnittelupäällikön tehtäviin kuuluvat johtaminen, ohjaaminen ja suunnitelman valvominen sekä resurssienhallinta ja aikatauluttaminen. Periaatteena on, että suunnittelija vie projektin läpi alusta loppuun suunnittelun osalta eli jokaisella suunnittelijalla on riittävä tietotaito projektin kaikkien suunnitteluvaiheiden toteuttamiseen. Kuvassa 21 on esitetty tyypillinen suunnitteluprosessi VEOlla.



Kuva 21. VEO:n tyypillinen suunnitteluprosessi.

VEOlla on tarkat säännöt kuinka valmistuneet suunnitelmat arkistoidaan. Valmistuneiden suunnitelmien arkistoinnin tarkoituksena on säilyttää suunnitelmat järjestelmän jälkihoitoa, huoltoa sekä ongelmatilanteiden selvittämistä varten. Toinen tärkeä syy arkistointiin on VEO:n toimintatapa, jossa vanhoja ja toimivaksi havaittuja suunnitelmia käytetään uusien projektien pohjina. Opinnäytetyössä hyödyn-

nettiin arkistoituja projekteja niin ulkokentän suunnittelussa kuin piirikaaviosuunnittelussa. /17/.

## **6.2 EPLAN**

EPLAN Software & Service on toiminut alalla yli 25 vuotta ja kuuluu Friedhelm Loh –konserniin Rittalin tytäryhtiönä. EPLAN toimii 50 eri maassa ja työllistää 700 ihmistä globaalisti. Suomeen EPLAN perusti sivukonttorin vuonna 2001. EPLANilla on maailmanlaajuisesti 45 000 erikokoista asiakasta eri toimialoilta. Ohjelmisto tukee kansainvälisiä standardeja kuten Euroopan IEC-, Venäjän GOST- ja Yhdysvaltojen NFPA-standardia. /4/.

### **6.2.1 EPLAN Electric P8**

EPLAN Electric P8 on tietokantapohjainen suunnitteluohjelmisto, joka soveltuu hyvin piirikaavioiden suunnitteluun. Eplaniin on saatavilla sähkösuunnittelun lisäksi lisäosat esimerkiksi hydraulikkasuunnitteluun, prosessinohjaustekniikkaan, sähkökeskus- ja kotelointisuunnitteluun sekä monia muita lisäosia. Koko ohjelmisto koostuu perusosasta, johon edellä mainitut lisäosat ovat saatavilla suunnitelutarpeen muuttuessa. /4/.

Ohjelmisto sisältää paljon automatisoituja toimintoja, joita ei esimerkiksi Auto-Cad-suunnittelussa ole saatavilla. Esimerkiksi viittaukset tulevat automaattisesti näkyviin, ja ne ovat muunneltavissa oman maun ja käyttötarkoituksen mukaan. Riviliitintaulukoiden ja osaluetteloiden luominen on vaivatonta raportti työkaluilla, jotka ovat myös muunneltavissa täysin.

EPLAN sisältää jo valmiiksi laajan symbolikirjaston, mutta ohjelmistolla on mahdollista myös omien symbolien teko muokkaamalla jo olemassa olevia symboleita ja tallentamalla ne kirjastoon. Laajan symbolikirjaston lisäksi ominaisuuksiin kuuluu myös makrot, joista voi luoda valmiita kokonaisuuksia monimutkaisimmista komponenteista. Makrojen luonnista lisää luvussa 6.2.2.



### 6.2.2 EPLANin kehitys

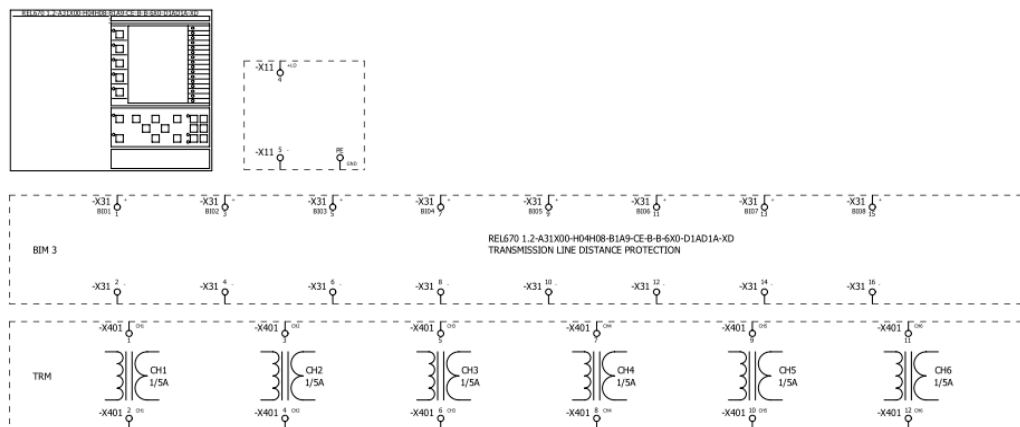
Yhtenä osana opinnäytetyössä oli EPLANin kehitys VEO:n tarpeisiin. VEOlla siirryttiin opinnäytetyön aikana versiosta 2.3 uusimpaan 2.4 versioon. Vanhan version ongelmakohtia olivat sekava komponenttikanta, symbolikirjasto ei ollut IEC-standardin mukainen, makroja ei oltu osattu käyttää oikein, luetteloista oli liikaa variaatioita sekä piirikaaviosuunnittelussa ei ollut yhtenäistä linjaa. Näihin ongelmakohtiin haluttiin paneutua version vaihdon yhteydessä. Ongelmia ratkottiin rajoittamalla käyttöoikeuksia niin, ettei jokainen suunnittelija voi luoda omia komponentteja vaan on ennalta määrätty suunnittelijat suorittamassa komponenttien luomisen kirjastoon.

Tavoitteet sähköasemaosastolle oli, että piirikaavioille tulee valmiit makrot erilaisille kenttävariaatioille, suojareleille ja komponenteille. Lisäksi tavoitteena sähköasema osastolle olivat vakioidut luettelot kojeille, kaapeloinneille sekä johdotuksille.

Edellä mainituilla tavoitteilla oli tarkoituksena nopeuttaa ja selkeyttää suunnittelua sekä yhtenäistää dokumentointia. Dokumentoinnin yhtenäistämällä tehtaalle saadaan jatkossa aina samantyylliset suunnitelmat, jolloin tehdastestaukset, käytönnotot ja loppudokumentointi helpottuvat.

Tarkoituksena oli luoda kirjastoon Suomussalmen projektissa käytettävät suojareleet ja Ethernet-kytkimet, joita voidaan jatkossa käyttää kirjastosta muiden projektien tarpeisiin. EPLANissa perustettiin Makro-projekti, johon uudet makrot tehtiin ennen varsinaista piirikaaviosuunnittelua. Etuina makrojen käytössä on, että jokaiseen projektiin saadaan samanlainen tyyli esittää kytkennät.

Makroista saadaan luotua monia eri variaatioita yhdelle komponentille. Variaatioiden vaihtaminen makroa tuotaessa tapahtuu tabulaattoria painamalla ja se saadaan aina sijoitettua samaan kohtaan painamalla X- ja Y-näppäimet pohjaan. Kuvassa 22 on esitetty ABB REL670-suojareleen eri makrovariaatioita.



Kuva 22. ABB REL670-suojareleen makrovariaatioita.

### 6.3 EPLANin käyttö Suomussalmen projektissa

EPLANia käytettiin Suomussalmen projektissa ohjaustaulujen ja jakokaappien piirikaaviodensuunnitteluun, sekä näiden layout-suunnitteluun.

#### 6.3.1 Piirikaaviosuunnittelu EPLANilla

Piirikaaviosuunnittelulla tarkoitetaan mittaus-, suojaus-, ohjaus-, asennonosoitus-, hälytys-, lukitusjärjestelmien suunnittelua. Piirikaaviot antavat tietoa johdotukseen, koestukseen, vianetsintään sekä järjestelmän käyttöön liittyvään toimintaan. Piirikaavioissa esitetään sähköisten piirrosmerkkien avulla sähköisen piirin kaikki kytkennät, ottamatta huomioon niiden todellista kokoa, sijaintia tai muotoa. Piirikaavion tulee olla helposti luettava ja johdonmukainen. /13/.

Piirikaaviosuunnittelu EPLANilla on hyvin erilaista verrattuna muihin piirikaavioon suunnitteluohjelmistoihin. Kaikki suunnittelussa tarvittavat toimenpiteet tapahtuvat navigaattoreiden avulla. EPLANista löytyy muun muassa riviliittimille, laitteille ja kaapeleille omat navigaattorit, joista ne saadaan lisättyä piirtopohjalle, muutettua nimeä tai tyyppiä. Riviliitinnavigaattori on todella hyödyllinen apu piirien suunnittelussa. Navigaattorista saadaan informaatiota mitkä riviliittimet ovat jo käytössä ja mitkä ovat vielä käytettävissä.

EPLANissa ei tarvitse varsinaista johdotuspiiriä piirtää viiva kerrallaan vaan komponenttien koskettimet ja riviliittimet yhdistyvät automaattisesti. Tämä toi-

minto nopeuttaa suunnittelua huomattavasti. Automaattista johdotusta voi muokata kuvan 23 mukaisilla kulmilla ja ketjutuspaloilla.



Kuva 23. Automaattijohdotuksen työkalut.

Opinnäytetyössä suunniteltuun projektiin kuului suunnitella ohjaustaulujen ja jakokaappien piirikaaviot. Ohjaustauluja Suomussalmen projektiin tuli yhteensä viisi kappaletta, jakokaappeja neljä kappaletta sekä jännitemuuntajan jakokaappi. Alla on listattu pääpiirteittäin mitä ohjaustaulujen piirikaaviot pitivät sisällään:

- pääpiiri
- energianmittaus
- suojarleiden jännite- ja virtakanavat
- ohjausjännitteet suojarleille
- katkaisijan ja erottimien ohjaukset
- suojarleiden sisäänmenot
- lukitukset
- hälytykset
- 110VDC/230VAC-jakelu
- ulkokentänkojeiden lämmitykset sekä viritysmoottorien syötöt
- sisällysluettelo, osaluettelo, ketjutustaulukko ja johdotustaulukot.

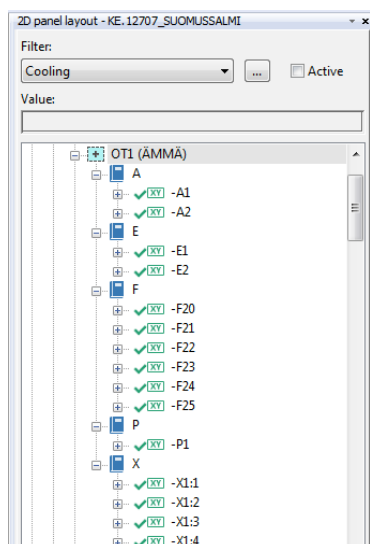
Liitteessä 2 on esitetty Ämmän ohjaustaulun mallipiiri ulkokentän kojeiden asennonosoituksesta.

### 6.3.2 Ohjaustaulujen ja jakokaappien layout-suunnittelu EPLANilla

Ohjaustaulujen ja jakokaappien layout-suunnittelu tehdään EPLANilla, jossa noudatetaan kojeiden sijoitteluun VEOlla laadittuja ohjeita. Tarkoituksena on tehdä tehtaalle kalustuskuvat, joiden avulla kokoonpano sujuu mahdollisimman nopeasti

ja ongelmitta. Kalustuskuvissa esitetään kaappi kaikkien seinien osalta, kojeet sekä niiden tunnukset. Kojet piirretään kaapin kokoon nähden oikeassa mittakaavassa ja oikean muotoisina. Suunnittelussa on vältettävä turhien yksityiskohtien merkitsemistä eli esitetään vain oleelliset asiat.

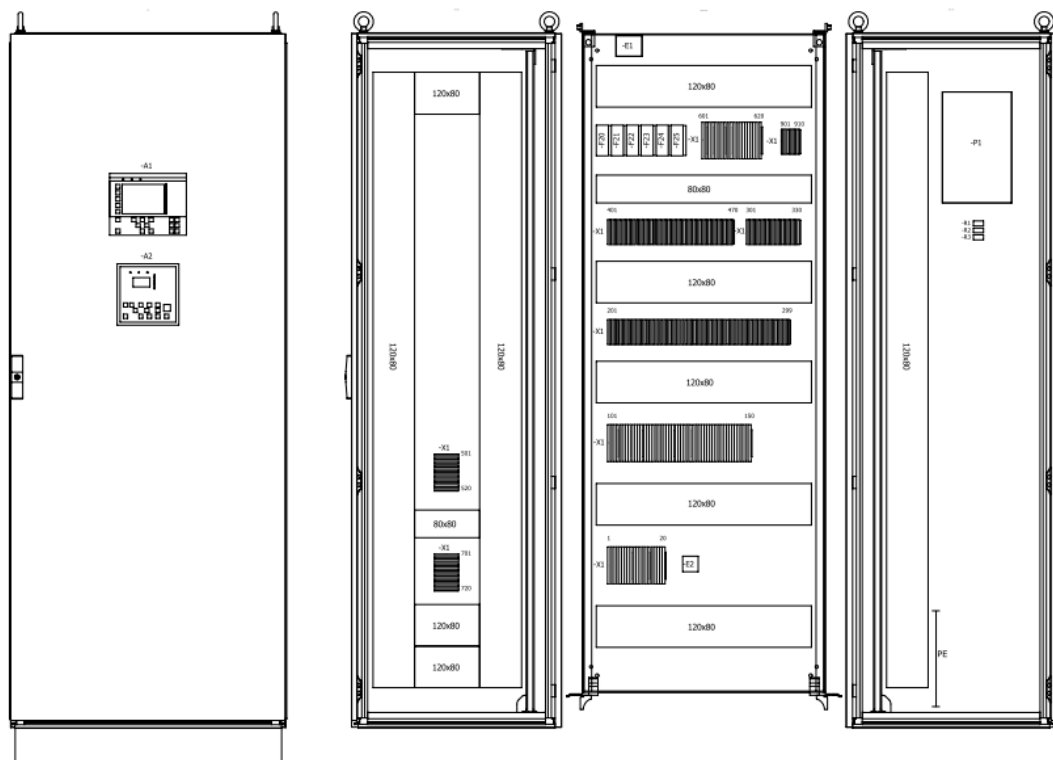
EPLANissa on 2D Panel Layout navigaattori, jota käytetään kalustuskuvien suunnitteluun. Kuvassa 24 on esitetty 2D Panel Layout-navigaattori. Navigaattoriin tulee kaikki piirikaavioissa käytetyt kojeet ja laitteet näkyviin, josta ne saadaan sijoitettua kalustuskuviin raahaamalla. Navigaattori informoi sijoituksen tilan, josta on helposti tarkistettavissa onko kaikki komponentit sijoitettu. Toiminto eliminoid virheiden määrää.



Kuva 24. 2D Panel Layout-navigaattori.

Kalustuksen suunnittelussa on erityisesti otettava huomioon seuraavat asiat. Kalustus tehdään niin väljästi, että asennukselle, käytölle ja huollolle jää riittävästi tilaa. Kojet on ryhmiteltävä toiminnallisesti ja järkevästi niin, että yhteen kuuluvat kojeet ovat lähekkäin, jolloin ketjutukset ovat asentajaystävällisiä. Riviliittimet sijoitetaan siten, että kytkeminen on mahdollisimman helppoa. Sisäinen johdotus ei saa viedä liikaa tilaa kenttäkaapeleilta, joten on varattava riittävästi johtokouruja. /11/.

Edellä mainittuja ohjeita noudattaen sekä käyttäen vanhoja projekteja mallina, ohjaustaulujen kalustuksesta saadaan toimiva ja käyttäjäystävällinen. Kuvassa 25 on Ämmän ohjaustaulun layout ja kuvassa 26 jakokaapin (JK1) layout.



Kuva 25. Ohjaustaulun layout.

Asiakkaan vaatimukset ohjaustauluille ja jakokaapeille on esitetty teknisessä eritelyssä. Ohjaustaulut piti olla teräslevyrakenteisia vapaasti seisovia, etulevyillä, kattolevyillä ja taustalevyillä varustettuja. Kojesijoittelussa vaadittiin ohjaustauluille tilaoptimointi niin, että myöhempi laajentaminen on mahdollista. Jokainen kenttä varustettiin jakokaapeilla, jotka sijoitetaan ulkokentälle kaapelikanavan vierelle. Ulosasennettavat jakokaapit on mitoitettava kestämään jopa  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötila. Jakokaapit varustettiin asiakkaan vaatimusten mukaisesti valaisimella, pistorasialla, kolmivaihepistorasialla, lämpövastuksella ja termostaatilla. Lisäksi kaapelien sisääntulo on eristettävä.



## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltu Suomussalmen kytkinlaitos etenee aikataulussa eteenpäin. Työn laajuuden takia kirjallisesta osuudesta jouduttiin karsimaan läpi käytäviä asioita pois, mutta tärkeimmät suunnitteluvaiheet on saatu sisällytettyä työhön. Kirjallisesta osuudesta jätettiin pois esimerkiksi perustuskuvien suunnittelu, ulkokentän liittimien valinta, suojuureiden valinta ja ulkokentän teräsrakenteiden mitoitus.

Kytkinlaitoksen suunnittelu sovelsi hyvin sähköinsinöörin opintoja. Työn suunnittelu oli mielenkiintoista alusta loppuun ja palvelee hyvin työelämää.

## LÄHTEET

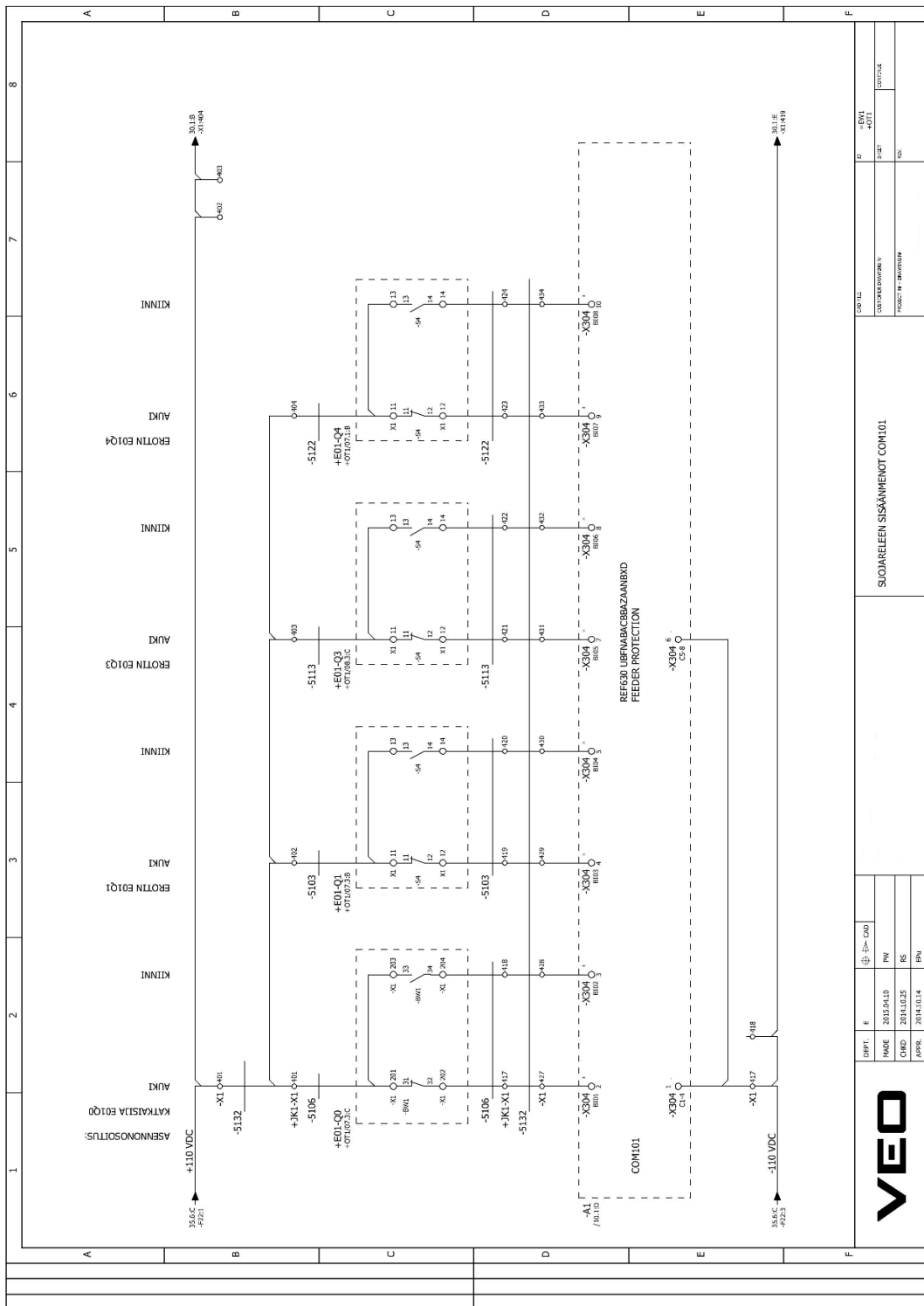
- /1/ ABB 1MRK 506 312-UEN C käyttöohje ja tekninen selostus. ABB Oy.
- /2/ Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II. 1.painos. Helsinki. Otatiето.
- /3/ Elovaara, J. Laiho, Y. 2005. Sähkölaitostekniikan perusteet. 5.painos. Helsinki. Otatiето.
- /4/ EPLAN yritys esittely. EPLAN Software & Service GmbH & Co.
- /5/ Heikkilä, J. 2004. Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet. Fingrid Oyj:n lehti 1/2004. Viitattu 11.3.2015. Helsinki. Fingrid.  
[http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehde t/2004/fingrid\\_1\\_04.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehde t/2004/fingrid_1_04.pdf)
- /6/ Koski, J. Sähkölaitokset. Opintomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /7/ Laitinen, T. 2004. Kytkinlaitteet. Fingrid Oyj:n lehti 3/2004. Viitattu 13.3.2015. Helsinki. Fingrid.  
[http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehde t/2004/fingrid\\_3\\_04.pdf](http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehde t/2004/fingrid_3_04.pdf)
- /8/ Mäkinen, O. Relesuojaus. Opintomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /9/ Mäkinen, O. Sähköverkot. Opintomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /10/ Niemelä, E. 2014. Keskeytystilasto 2013. Versio: 2014-06-09. Viitattu 20.4.2015. Helsinki. Energiateollisuus ry ET.  
[http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto\\_2013.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto_2013.pdf)
- /11/ Nurmi, J. 2010. Perussuunnittelu. VEO Oy.
- /12/ SFS-KÄSIKIRJA 601. 2009. Suurjänniteasennukset ja ilmajohdot. 1. painos. Suomen standarsoimisliitto SFS ry.
- /13/ Skytte, H. 1999. Piirikaaviosuunnittelu. VEO Oy.
- /14/ Suomalaiset ABB-yhtiöt. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Luku 13.3, sivu 11. 9.painos. Vaasa.
- /15/ Suomalaiset ABB-yhtiöt. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Luku 10, sivu 1. 9.painos. Vaasa.
- /16/ Suomalaiset ABB-yhtiöt. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Luku 10, sivu 7. 9.painos. Vaasa.



- /17/ Ågren, J. 1999. Suunnitelmien säilytys ja arkistointi. VEO Oy.
- /18/ [www.veo.fi/company](http://www.veo.fi/company) viitattu 26.1.2015



LIITE 2 Esimerkki suojarleen sisäänmenoista



		SHPT: F MAKE: 2015.04.10 PW CINO: 2014.12.25 RS IPPL: 2014.12.14 RW	SUOJARELEEN SISÄÄNNETO COM101		COB: LL COM: 101 PART: 1010102 PROJECT: 11111111111111111111	D: -E01 -E011 -E0102 -E0103 -E0104