



Niko Virtanen

Myllyvuoren syöttöaseman ulkoken- tän laajennussuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

16.2.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Niko Virtanen
Otsikko:	Myllyvuoren syöttöaseman ulkokentän laajennussuunnittelu
Sivumäärä:	42 sivua + 13 liitettä
Aika:	16.2.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Projektipäällikkö Vesa-Matti Koskinen Yliopettaja TkL Jarno Varteva

Insinööriyössä suunniteltiin Haminassa sijaitsevan Myllyvuoren junaradan sähkönsyöttöaseman ulkokentän laajennus. Työssä käytiin läpi mitä laajennus sisältää ja miksi laajennus on tarpeellinen. Myllyvuoren sähkösyöttöaseman laajennus on osa isompaa Väyläviraston Kouvola-Kotka/Hamina -hanketta (KoKoHa), jonka tarkoituksena on parantaa Kouvola-Kotka/Hamina rataosuuden kapasiteettia.

Työn teoriaosassa selvennettiin junaratojen sähkönsyötön peruseriaatteita sekä niiden vaikutusta sähkönsyöttöaseman ulkokentän suunnitteluun, ja sivuttiin myös ulko-komponenttien valinnan merkitystä sähköaseman laitilan sisällä oleviin komponentteihin mukaan lukien ulkokentän ohjaukset ja suojaukset.

Varsinainen suunnittelutyö sisälsi perustukset, komponenttien teräsrakenteet, komponentit, köysitykset ja maadoitukset. Työn painopiste oli suunnitelmissa ja kaikki suunnitelmat tehtiin CADS- ja AutoCAD -suunnitteluohjelmilla.

Lopputuloksena saatiin nykyisten sähköturvallisuuslakien ja -standardien mukainen sähköaseman ulkokenttä.

Avainsanat: junarata, suunnittelu, turvallisuus, standardit, sähköasema, komponentit

Abstract

Author: Niko Virtanen
Title: Design of Myllyvuori Substation Extension
Number of Pages: 42 pages + 13 appendices
Date: 16 February 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Vesa-Matti Koskinen, Project Manager
Jarno Varteva, Principal Lecturer Lic. Tech.

This thesis concerns designing an extension for the outdoor enclosure of the high-voltage substation supplying the Myllyvuori railway track located in Hamina, Finland. The work addressed what the extension will contain and why the extension is necessary. The Myllyvuori substation extension is part of a larger project: the Kouvola-Kotka/Hamina (KoKoHa) project planned by the Finnish Transport Infrastructure Agency for upgrading the capacity of the Kouvola-Kotka/Hamina railway line.

The theoretical work clarified the basic principles of supplying electricity to railway tracks and the effect of these on the design of the outdoor enclosure of the substation. This work also handled the implications of the selection of outdoor components, including outdoor guides and guards, with regard to the components inside the equipment room of the substation.

The actual design work included foundations, steel structures of components, components, roping and earthing. The work focused on design plans, and all plans were made in CADS and AutoCAD design software.

The end result is an outdoor enclosure of the substation that complies with modern electrical safety legislation and standards.

Keywords: Railway track, Design, Safety, Standards, Substation, Components

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	NRC Group Finland Oy yrityksenä	1
3	Sähköisen junaradan sähkönsyötön perusteet	3
3.1	25 kV:n järjestelmä	4
3.2	2 x 25 kV:n järjestelmä	8
4	Muutostyön syyt	11
4.1	Kouvola-Kotka/Hamina -hanke	11
4.2	Myllyvuoren syöttöasema	12
5	Maanrakennus ja komponenttien perustukset	13
5.1	Maansiirtotyöt	13
5.2	Perustukset	14
6	Uudet ulkokomponentit ja teräsrakenteet	17
6.1	110 kV:n erottimet	18
6.2	110 kV:n katkaisijat	21
6.3	110 kV:n virtamuuntajat	23
6.4	110 kV:n jännitemuuntajat	26
6.5	Ylijännitesuojaus	29
6.6	25 kV:n erottimet	30
6.7	25 kV:n katkaisijat	30
6.8	25 kV:n virtamuuntajat	31
6.9	25 kV:n jännitemuuntajat	31
6.10	Päämuuntajat	32
6.11	Suodattimet	34
6.12	Omakäyttömuuntajat	35
7	Köysitys ja liittimet	36
8	Lukituskaaviot	36
9	Suojauskaaviot	37

10	Maadoitus	39
11	Yhteenvedo	40
	Lähteet	41

Liitteet

Liite 1 Myllyvuori SA:n alkuperäinen pääkaavio

Liite 2 Perustussuunnitelma

Liite 3 Myllyvuori SA uusi pääkaavio

Liite 4 SU2 teline

Liite 5 Köysityssuunnitelma

Liite 6 Lukituskaaviot

Liite 7 Lukituskaaviot

Liite 8 Lukituskaaviot

Liite 9 PM1 ja SU1 suojauskaavio

Liite 10 PM1 ja SU1 suojauskaavio

Liite 11 PM2 ja SU2 suojauskaavio

Liite 12 PM2 ja SU2 suojauskaavio

Liite 13 Ulkokomponenttien maadoitukset

Lyhenteet

AM-järjestelmä:	Säästömuuntajajärjestelmä.
IM-järjestelmä:	Imumuuntajajärjestelmä.
KoKoHa:	Kouvola-Kotka/Hamina.
OKK:	Omakäyttökeskus.
OKM:	Omakäyttömuuntaja.
OT:	Ohjaustaulu.
PM:	Päämuuntaja.
SA:	Sähköasema.
SU:	Suodatin.

1 Johdanto

Opinnäytetyön on tarkoitus luoda kuvaus, mitä kaikkea tulee ottaa huomioon junaratojen sähkönsyöttöasemien suunnittelussa.

Aluksi kerrotaan yleisesti Väyläviraston KoKoHa -hankkeesta ja siitä, mitä kaikkea se sisältää, jonka jälkeen päästään Myllyvuori SA:n osuuteen kyseisessä hankkeessa. Tämän jälkeen selvitetään, mitä kaikkea Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla on ja mitä siellä saneerataan. Ennen kuin päästään itse ulkokentän suunnitteluun, kerrotaan hieman junaratojen sähkönsyötön virrankulusta ja minkä takia Suomessa on 25 kV:n 50 Hz:n järjestelmä käytössä.

Pohjustusten jälkeen käsitellään ulkokomponentteja ja niihin liittyviä standardeja sekä niiden sijoituksia koskevia vaatimuksia. Lopuksi käydään läpi konkreettisesti, mikä on jokaisen komponenttien oikea rooli sähköasemalla lukituskaavioiden ja suojauskaavioiden sekä hälytysluettelon avulla.

Insinööryöstä rajattiin pois sähköaseman laitetilan sisällä olevat komponentit mukaan lukien relesuojaukset. Niitä kuitenkin hieman sivuttiin, koska niiden ymmärtäminen on tärkeää ulkokenttää suunniteltaessa.

2 NRC Group Finland Oy yrityksenä

NRC Group (Nordic Railway Company) on norjalainen pörssiyhtiö, joka osti vuonna 2019 suomalaisen VR Trackin. Nykyään VR Track tunnetaan nimellä NRC Group Finland Oy.

NRC Group Finland Oy on Suomen suurin rauta- ja raitiotierakentaja [1]. Yhtiöllä on Suomessa neljä päätoimista liiketoiminta-aluetta. Nämä ovat rakentaminen, kunnossapito, materiaalipalvelut ja konepalvelut. [2.]

NRC tarjoaa radanrakentamiseen monipuolisia palveluita aina projektin alusta loppukuvien toimittamiseen asti. Näitä palveluita ovat esimerkiksi projektinjohto-

ja allianssiosaaminen, sillanrakentaminen, vuokrattavat apusillat, maanrakennuspalvelut, jännitekatkot ja työnaikaiset ratajohdon siirrot sekä maadoitukset. [3.]

NRC:n kunnossapitopalvelut voidaan jakaa kahteen ryhmään: rata- ja raitiotieinfran kunnossapito sekä sähkö- ja automaatiokunnossapito. Rata- ja raitiotieinfran kunnossapito-organisaatio tarjoaa palveluitaan lähes kaikkiin junaradoilla ja raitioteilla tehtäviin kunnossapitotoimenpiteisiin. Näitä ovat esimerkiksi rata- ja turvalaitejärjestelmien kunnossapito, määräaikaistarkastukset, ratojen ja rakenteiden kuntoarvioiden laatiminen, ympärivuorokautinen viankorjaus ja päivystys sekä erilliset asiantuntijapalvelut. [4.]

Sähkö- ja automaatiokunnossapito takaa asiakkaidensa järjestelmille ja laitteistoille käyttövarmuutta niiden elinkaarelle. Keskeisimpiä sähköisiä kunnossapitotoimenpiteitä ovat esimerkiksi radalla olevien sähköistenlaitteiden ylläpito- ja kunnostustyöt, liikenteenhallintalaitteiden kunnossapitotyöt sekä kytkinlaitosten ja muuntamoiden ylläpito- ja kunnostustyöt. [4.]

NRC:n materiaalipalvelut kattavat rautatiemateriaalin hankinnan ja varastoinnin, puuratapölkkyjen kyllästämöpalvelut sekä ratojen ja raitioteiden kiskohitsauspalvelut niin työmailla kuin halliolosuhteissa. [5.]

Konepalvelut ovat oma liiketoiminta-alueensa, mutta se tukee erityisesti ratarakentamista. NRC:llä on käytössään rautateiden rakentamiseen monipuolinen valikoima erilaisia työkoneita esimerkiksi leimuhitsauskone, kiskopyöräkaivinkone, raidenosturi, sepelinpuhdistuskone ja vaihteentukemiskone. Konepalveluiden liiketoimintasuunnitelmaan kuuluu myös koneiden vuokraus muille rautatiealan yrityksille. [6.]

NRC Group Finland Oy:n suurimpia urakointiprojekteja viime aikoina ovat olleet muun muassa Raide-Jokeri ja Tampereen raitiotie allianssihankeet. Muita merkittäviä projekteja ovat Riihimäen sähkörataurakka ja Joensuun ratapihan uudistaminen. [7.]

Kaiken kaikkiaan NRC Group Finland Oy työllistää Suomessa noin tuhat rauta- ja raitiotiealan ammattilaista. Konserni tasolla (Suomi, Ruotsi ja Norja) NRC Group työllistää noin 2 000 henkilöä. Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2020 noin 635 M€. [1.]

3 Sähköisen junaradan sähkönsyötön perusteet

Suomessa yksityisraiteita lukuun ottamatta Väylävirasto hallitsee sähköisiä junarautateitä. Sähköratoja syötetään Suomessa 25 kV:n tai 2 x 25 kV:n järjestelmällä. Suomen sähköratajärjestelmä koostuu useista eri osista. Näitä ovat

- syöttö- ja välilytkinasemat
- ratajohdon johtimet ja niiden kannatusrakenteet: pylväät, portaalit ja kääntöorret
- imumuuntajat
- radanvarsisäästömuuntajat sekä
- erottimet ja eristimet.

Lisäksi sähköradan rakenteeseen sisältyy esimerkiksi sähköradan läheisyydessä olevien metallirakenteiden suojausmaadoitusjohtimet ja raiteiden kiskot. [8.]

25 kV:n ja 2 x 25 kV:n järjestelmissä sähköradan syöttöasemat ovat yleensä kytkettyinä 110 kV:n verkkoon [8]. Toisin kuin jakeluverkkojen sähköasemat ovat yleensä kolmivaiheisia, on sähköradan syöttöasemat kaksivaiheisia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköradan syöttöasemien päämuuntajaa tai päämuuntajia syötetään kahdella vaiheella ensiöpuolelle. Toisiopuolen toinen napa maadoitetaan.

3.1 25 kV:n järjestelmä

Suomessa aloitettiin 1950-luvun puolivälissä miettimään junaratojen sähköistystä. Tätä seurasi noin kymmenen vuoden tutkimustyö ja viimein vuonna 1965 tehtiin päätös junaratojen sähköistyksen aloittamisesta. Samalla päätettiin, että Suomeen rakennettavat sähköiset junaradat ovat 25 kV:n järjestelmiä. Vuonna 1969 aloitettiin ensimmäinen sähköliikenne välillä Helsinki – Kirkkonummi. [9.]

Myöhäinen sähköistyksen aloitusajankohta mahdollisti Suomelle muiden valtioiden virheiden välttämisen. Maailman ensimmäiset sähköradat rakennettiin 1800-luvulla ja ne olivat tasasähköjärjestelmiä. Nimellisjännitteeltä ne olivat 750 V, 1500 V tai 3000 V. 1900-luvun alussa Euroopassa innostuttiin 15 kV:n järjestelmästä, jossa taajuus tiputettiin kolmasosaan 50 Hz:stä eli 16 2/3 Hz:iin. Syyinä taajuuden laskemiseen oli yksivaihesarjamootorin kommunikointiongelmat. Tasasähkömootorin hyödyntäminen ei ollut kyseisinä ajankohtina mahdollista, koska veturiin soveltuvia tasasuuntaajia ei valmistettu. [9.]

1950-luvulla tasasuuntaustekniikka kehittyi, jonka seurauksena Suomessa syöttöjärjestelmäksi junaradoille valittiin 25 kV:n, 50 Hz:n yksivaihejärjestelmä. 25 kV:n järjestelmä sisältää ominaisuuksia, joka tekee siitä huomattavasti paremman kuin esimerkiksi Ruotsissa käytetystä 15 kV:n, 16 2/3 Hz:n järjestelmästä. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi:

- Yksinkertaisuus. 50 Hz:n taajuuden käyttö on yksinkertaisempaa kuin muissa järjestelmissä. Se ei tarvitse esimerkiksi vaikeasti tahdistettavia taajuudenmuuttajia toisin kuin 15 kV:n, 16 2/3 Hz:n järjestelmä.
- 25 kV:n syöttöjännite mahdollistaa ratajohtojen johtimien mitoittamisen mekaanisten lujuusvaatimusten perusteella eikä niinkään terminen kuormitettavuuden perusteella, koska ratajohdossa tapahtuvat siirtohäviöt ovat lähes olemattomia.
- Korkean vaihtojännitteen etu verrattuna tasasähköön on sen jännitteen muunnettavuuden helppous ja parempi tehonsiirtokyky. [9.]

Sähköratojen sähkönsyöttöasemilla on 25 kV:n puolella suodatinlaitteet, jotka kompensoivat loistehoa. Ne ovat teholtaan 1–2,5 MVA. Suodattimella on käytännössä kolme tehtävää:

- estää ratajohdon resonanssivirran pääsyn ratajohtoon ja muuntajan kautta 110 kV:n kantaverkkoon
- estää vetureiden ohjauksesta johtuvia tyristoriohjauksen yliaaltoja pääsemästä 110 kV:n kantaverkkoon
- syöttää kapasitiivista loistehoa kompensoidakseen joidenkin vetureiden ottamaa induktiivista loistehoa. [9.]

Junakaluston kehittämisen myötä suodattimet ovat jossain määrin liian tehokkaita nykyiselle kalustolle, joten vanhojen suodattimien perään on asennettu reaktoreita kompensoimaan liiallista kapasitiivisen loistehon tuottoa. Esimerkiksi Ikaalisissa sijaitsevalle Sisätön syöttöasemalle on tehty kyseinen muutos.

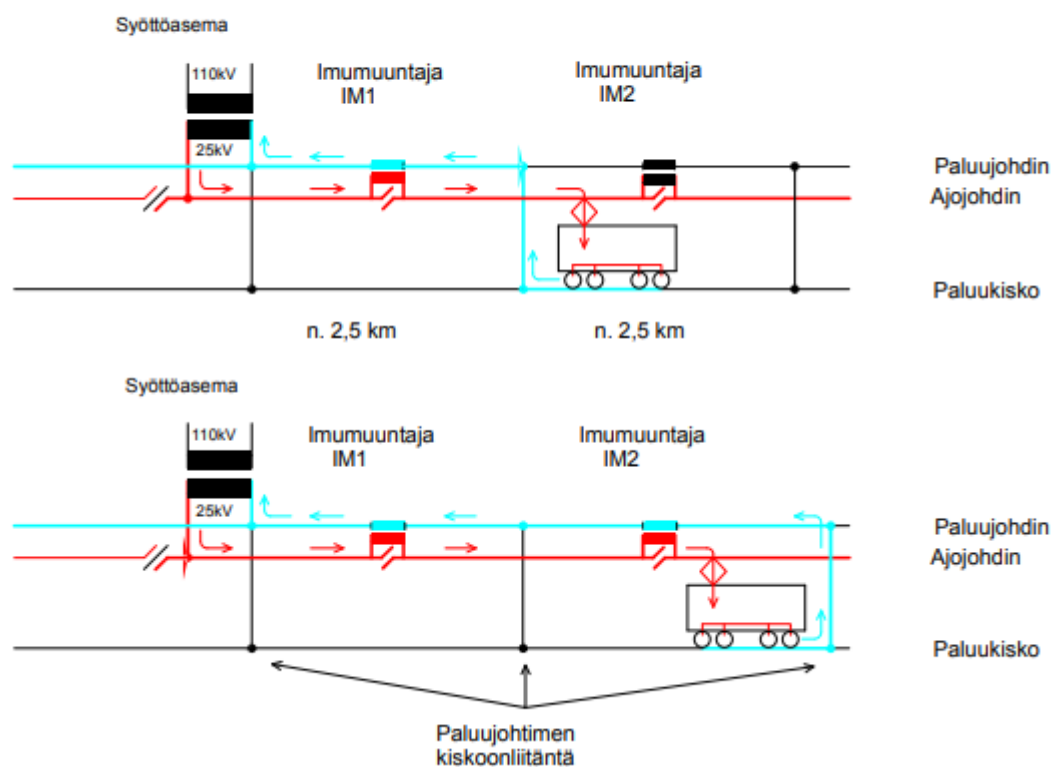
25 kV:n syöttöjärjestelmässä on käytössä kahdenlaisia ratajohtotyypppejä. Reduktiojohtimilla varustettuja ratajohtoja ja imumuuntajilla ja paluujohtimilla varustettuja ratajohtoja. Yleisempi näistä kahdesta vaihtoehdosta Suomessa on imumuuntajien ja paluujohtimen yhdistelmä. Tällä yhdistelmällä on kaksi suurta etua verrattuna reduktiojohtimeen:

- Virtasilmukka jää pieneksi, joten viestikaapeleille ei aiheudu häiriöitä siinä määrin missä reduktiojohtimista.
- Paluuvirta kulkee vain lyhyen matkan, joten kiskopotentiaali pysyy pienenä. [9.]

Imumuuntajat sijoitellaan radalle noin 2,5 kilometrin välein, ja niiden tehtävä on pakottaa paluuvirta tulemaan paluukiskoa pitkin. Imumuuntajien muuntosuhteet ovat 1:1. Ensiöt ovat kytketty ajojohtimen kanssa sarjaan ja toisiot paluujohtimen kanssa sarjaan. Tällainen kytkentä tarkoittaa, että ensiössä ja toisiossa

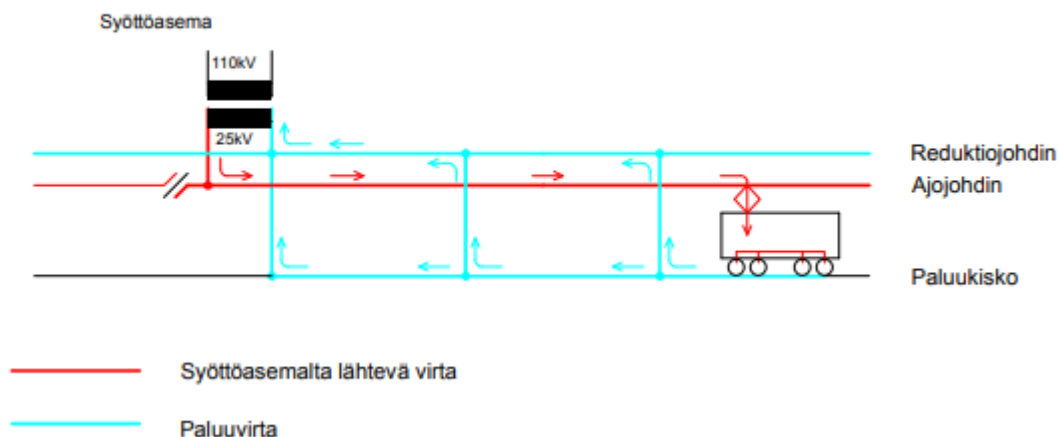
virrat ovat yhtä suuret ja eri suuntaiset. Paluujohdin on puolestaan kytkettynä kiskoihin imumuuntajien keskivaiheilta. Näin ollen kaksi lähintä paluukiskoliitäntää (PKL) ja imumuuntajan toisio muodostavat toisiopiirin. Kuva 2 havainnollistaa, miten käytännössä imumuuntajien ja paluujohdinten yhteispeli toimii. Rataa syötetään paluujohdinten alla olevaan ajojohtimeen, johon veturin virroitin on kytketty. Virta kiertää veturin kautta imumuuntajilla varustettuun paluujohtimeen. [9.] Kuvassa 3 esitettyä reduktiojohtimen toimintaa. Siinä on täysin sama sähkönsyöttöidea kuin kuvassa 2, mutta paluujohdinten sijasta on reduktiojohtimen.

Imumuuntajalla ja paluujohdimmella varustettu ratajohto



Kuva 2. Imumuuntajalla ja paluujohdimmella varustettu ratajohto. [8.]

Reduktiojohtimella varustettu ratajohto



Kuva 3. Reduktiojohtimella varustettu ratajohto. [8.]

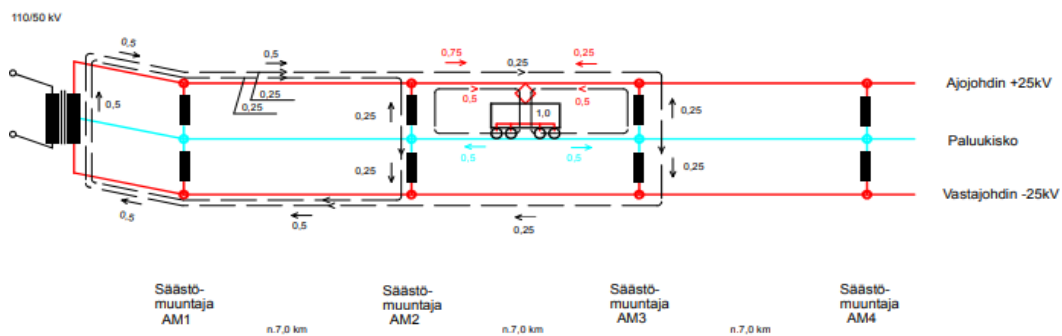
3.2 2 x 25 kV:n järjestelmä

AM-järjestelmä eli 2 x 25 kV:n järjestelmä on harvinaisempi kuin perinteinen 25 kV järjestelmä [8]. Olosuhteiden salliessa AM-järjestelmä on halvempi uudisrakentaa kuin perinteinen imumuuntaja- tai reduktiojohdinjärjestelmä [10]. 2 x 25 kV:n järjestelmä on pääosin käytössä välillä Iisalmi – Kemijärvi. [8.]

AM-järjestelmän toiminta perustuu nimensä mukaisesti suurempaan syöttöjännitteeseen. Teho siirretään vetureille kaksinkertaisella jännitteellä, joka johtaa virran puolittumiseen. Tämä mahdollistaa huomattavasti pidemmän jopa 2–3 kertaa syöttöasemavälin kuin 25 kV:n järjestelmässä. Näin ollen yksi AM-järjestelmä voisi syöttää yli 100 kilometrin matkaa, kun puolestaan esimerkiksi IM-järjestelmä syöttää vain noin 35–45 kilometrin matkaa. [10.]

Kuva 4 esittää tapaa, jolla yleensä rakennetaan uudet 2 x 25 kV:n järjestelmät. Syöttöasemalla on yksi 110/55 kV:n päämuuntaja, joka syöttää rataa +25 kV:n ajojohtimeen ja -25 kV:n vastajohtimeen. Ensimmäiset ratamuuntajat eli AM:t pyritään sijoittamaan ratapihoille ja loput seitsemän kilometrin välein. Ratamuuntajien paikat saattavat kuitenkin vaihdella muutamilla kilometreillä ympäristörajoitteiden vuoksi. [10.]

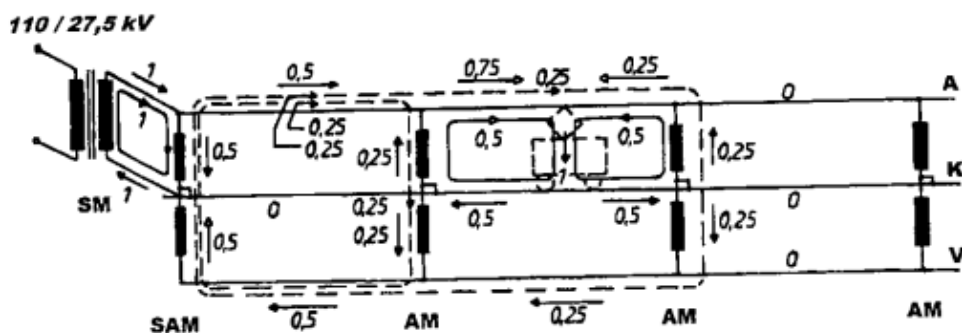
VIRRRAN KULKUTIE
SYÖTTÖASEMAN JA VETOKAULUSTON VÄLILLÄ
JÄRJESTELMÄSSÄ 2 X 25 KV



Kuva 4. Virran kulkutie syöttöaseman ja vetokaluston välillä järjestelmässä 2 x 25 kV. [8.]

Kuvan 5 syöttötapaa käytetään vanhojen syöttöasemien muutostöissä. Siinä jätetään vanha syöttömuuntaja 110/27,5 kV (SM) paikalleen ja sen avuksi tuodaan syöttösäästömuuntaja (SAM) syöttämään ratajohtoa. Syöttösäästömuuntajan avulla saadaan tehtyä vanhasta 25 kV:n järjestelmästä uusi 2 x 25 kV:n järjestelmä. [10.]

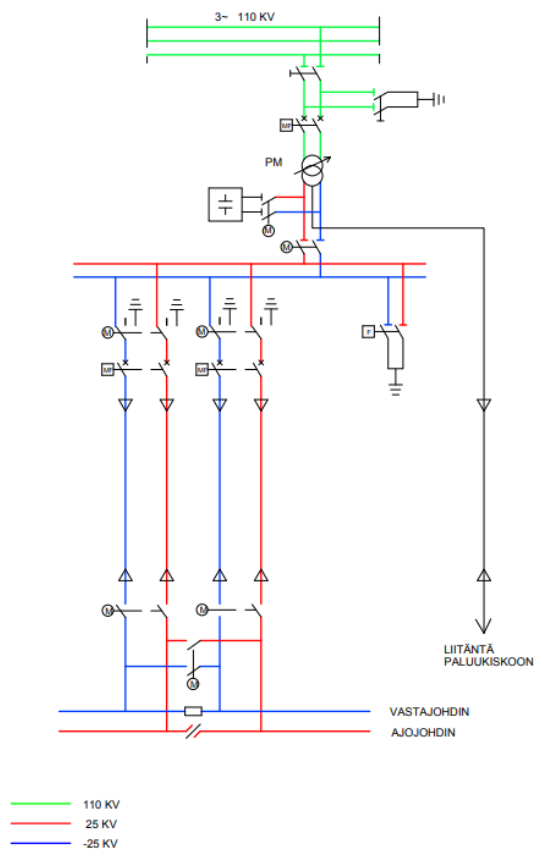
Tämän kaltainen esimerkiksi IM-järjestelmän muuttaminen AM-järjestelmäksi tulee kyseeseen silloin, kun IM-järjestelmässä on liikaa jännitehäviöitä tai teho on riittämätön. Näiden ongelmien korjaamiseksi on muitakin vaihtoehtoja kuin koko sähkönsyöttöjärjestelmän vaihtaminen. Esimerkiksi toisen 27,5 kV:n päämuuntajan lisääminen syöttöasemalle tai vahvistusjohtimen lisääminen usein riittävät näiden ongelmien korjaamiseen. [10.]



Kuva 5. 2 x 25 kV:n syöttö päämuuntajalla 110/27,5 kV ja syöttösäästömuuntajalla 27,5/55 kV. [10.]

Kuvassa 6 on esitetty 2 x 25 kV:n järjestelmän periaatteellinen pääkaavio. Siinä on kuvattuna virran kulku aina 110 kV:n kantaverkosta radan ajojohtimiin asti.

JÄRJESTELMÄN 2x25 KV SYÖTTÖASEMA



Kuva 6. Järjestelmän 2 x 25 kV:n syöttöasema. [8.]

4 Muutostyön syyt

4.1 Kouvola-Kotka/Hamina -hanke

Kouvola-Kotka/Hamina on Väyläviraston omistama hanke, jonka tarkoituksena on parantaa kyseisen rataosan liikennöinnin täsmällisyyttä ja lisätä rataosan kapasiteettia. Kuvassa 7 on esitetty kyseisen hankkeen maantieteellinen sijainti. Pohjoisessa raja kulkee Kouvolassa, lännessä Kotkassa ja idässä Haminassa. Hanke on aloitettu vuonna 2020 ja se olisi tarkoitus saada päätökseen vuonna 2025. Väylävirasto on jakanut hankkeen neljään eri osaan:

- Peruskorjaus. Sisältää päällysrakenteet ja sillat. Kustannusarvio noin 26,5 M€.
- Akselipainon nosto 25 tonnia. Sisältää pehmeikkö-, silta ja rumpukorjauksia. Kustannusarvio noin 46 M€.
- Turvalaitteiden uusiminen. Kustannusarvio noin 38 M€.
- Kehittämistoimenpiteet. Sisältää muun muassa välityskyvyn paranuksia ja Kotolahden ratapihan laajentamisen. Kustannusarvio noin 23 M€.

Kokonaiskustannusarvio on tällä hetkellä (9.9.2021) noin 133 500 000 €. [11.]

KOUVOLA-KOTKA/HAMINA

Ratahanke 2020-2024



Kuva 7. Ratahanke Kouvola-Kotka/Hamina. [11.]

4.2 Myllyvuoren syöttöasema

Myllyvuori SA on 1980-luvulla rakennettu Haminassa sijaitseva 110/25 kV:n syöttöasema, jonka tehtävänä on syöttää ratajohtoa Juurikorven ja Haminan suuntiin. Asemalle ei ole tehty merkittäviä saneerauksia yhtä 110 kV:n katkaisijan vaihtoa lukuun ottamatta. Tämän takia aseman tekniikka ja kapasiteetti on jäänyt kehityksestä jälkeen, joten se on päätetty saneerata osana Kouvola-Kotka/Hamina -hanketta.

Saneerauksen ulkopuolelle jäävät seuraavat ulkokomponentit, perustukset ja portaalit:

- 110 kV:n katkaisija
- päämuuntaja 2 (saneerauksen jälkeen päämuuntaja 1)
- ratajohtoa syöttävän portaalin komponentit
- 110 kV:n ja 25 kV:n portaalit ja
- kaikki perustukset.

Kaiken kaikkiaan Myllyvuori SA:n saneerausurakka kestää ensimmäisestä viivan piirrosta käyttöönottoon noin 8/2021–5/2022. [11.]

Myllyvuori SA:n syöttöportaliin tulee kolme vaihetta 110 kV:n kantaverkosta. Sähkö otetaan vaiheista L1 ja L3 aseman 110 kV:n erottimelle sekä kahdelle jännitemuuntajalle Ostrich-köysillä. Erottimelta kaapelointi johtaa katkaisijoiden yläpäähän ja katkaisijoiden alapäästä lähdetään virtamuuntajalle. Virtamuuntaja syöttää päämuuntajaa (PM 2) sekä ylijännitesuojia. Päämuuntajan toisiopuoli on kytketty 1,0 MVAR:n suodattimeen.

5 Maanrakennus ja komponenttien perustukset

Jokaista sähköasemaa rakennettaessa on tehtävä maatöitä. Ennen maatöiden aloittamista on tehtävä maaperätutkimukset, joiden perusteella suunnittelu voidaan aloittaa. Myllyvuori SA:ssa maaperätutkimuksen suoritti Sweco Oy.

5.1 Maansiirtotyöt

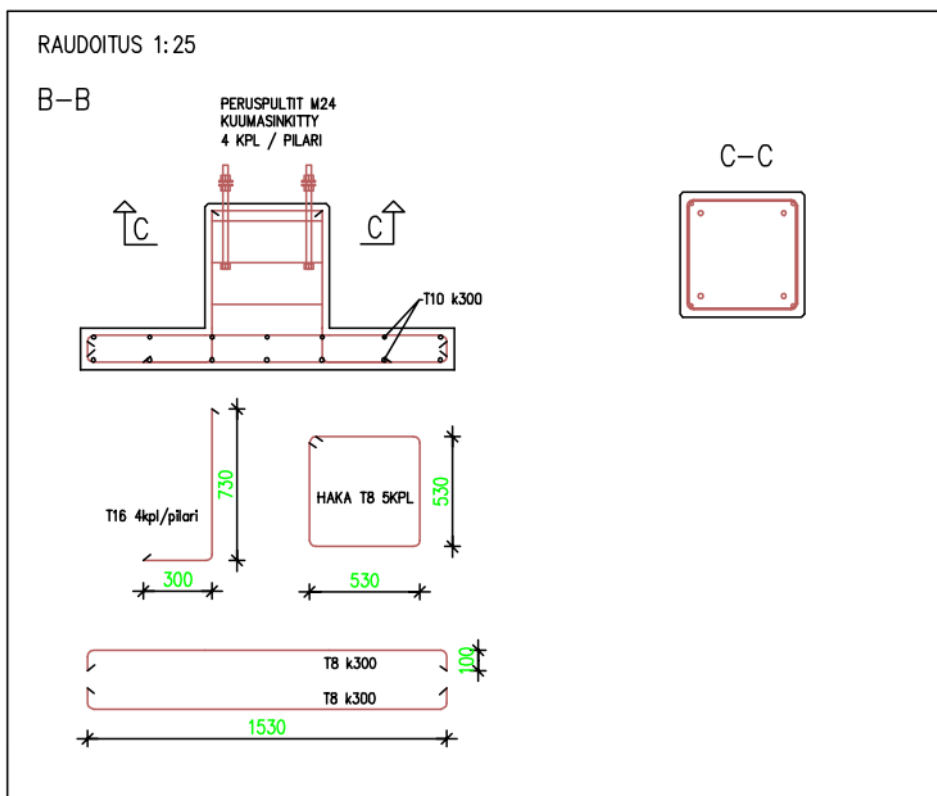
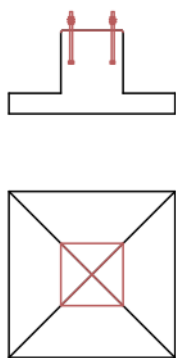
Kuten liitteestä 2 huomataan, kaikki vanhat perustukset jäävät paikoilleen. Tämä mahdollistaa sen, että maansiirtotyöt voidaan aloittaa välittömästi eikä tarvitse purkaa vanhoja komponentteja pois. Myllyvuori SA:ssa maanrakennus on kohtalaisen vaivatonta, koska paalutuksia ei tarvita.

Maanrakentaminen on kallista työtä, joten suunnitelmat kannattaa tehdä huolella. Lisäksi aliurakoitsijan valitsemiseen kannattaa perehtyä. Myllyvuori SA:n maanrakennustöistä vastaa Asemateko Finland Oy, joka on jo aikaisemmin todettu loistavaksi yhteistyökumppaniksi.

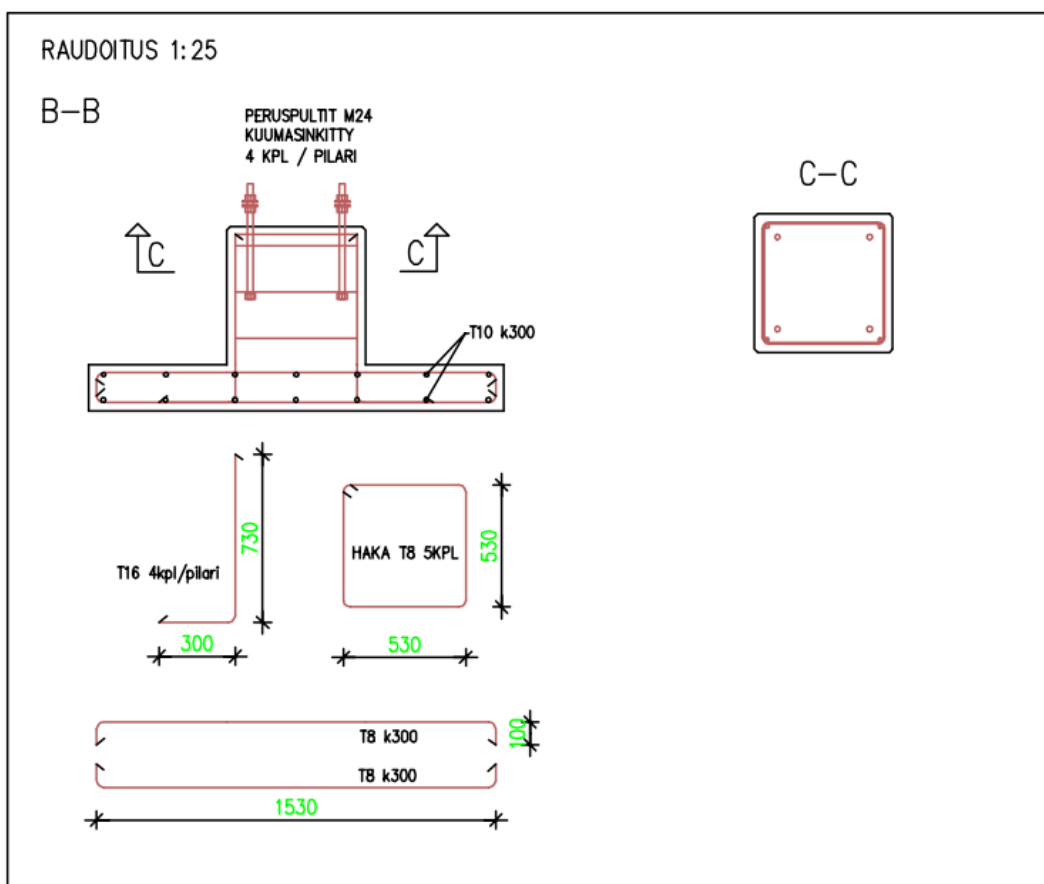
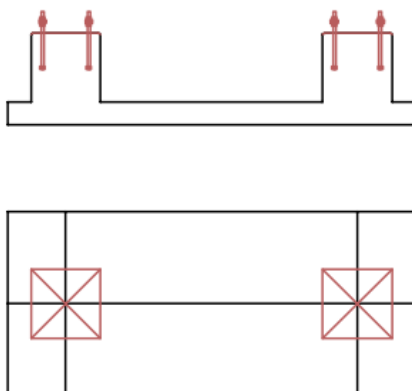
5.2 Perustukset

Maanrakennustöihin kuuluu uusien komponenttien perustuksien valaminen suunnitelmien mukaan. Perustukset voidaan tässä tapauksessa jakaa kahteen eri tyyppiin. Myllyvuori SA:ssa käytetään ainoastaan yksi- ja kaksijalkaisia perustuksia. Kolmijalkaisia perustuksia käytetään junaratojen syöttöasemilla kohdalaisen vähän, koska käytössä on vain kaksi vaihetta yhdellä päämuuntajalla.

Kaikki käytetyt yksijalkaiset sekä kaksijalkaiset perustukset ovat samanlaisia lukuun ottamatta peruspulttikiinnitysten rasterijakoa. Pulttien rasterijako määräytyy siihen kiinnittyvästä komponentista. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla käytetyt ja edellä kuvatut perustustyyppit. Kuvassa 8 on yksijalkainen perustus ja kuvassa 9 kaksijalkainen perustus.



Kuva 8. Yksijalkainen perustus.



Kuva 9. Kaksijalkainen perustus.

6 Uudet ulkokomponentit ja teräsrakenteet

Ulkokentän komponentit voidaan jakaa kahteen ryhmään: 110 kV:n komponentteihin ja 25 kV:n komponentteihin. Kuten pääkaaviosta (Liite 4) huomataan, niin Myllyvuori SA sisältää kaksi 27,5 kV:n päämuuntajaa ja kolme ratalähtösyöttöä. Kaikki muut ulkokomponentit ovat uusia paitsi katkaisija 3.01.0, päämuuntaja PM1 ja SU1. SU1 muutetaan, sillä siitä poistetaan toinen kondensaattorilinja pois liiallisen kapasitiivisen loistehon tuoton vuoksi. Lisäksi siihen lisätään uusi 25 kV virtamuuntaja.

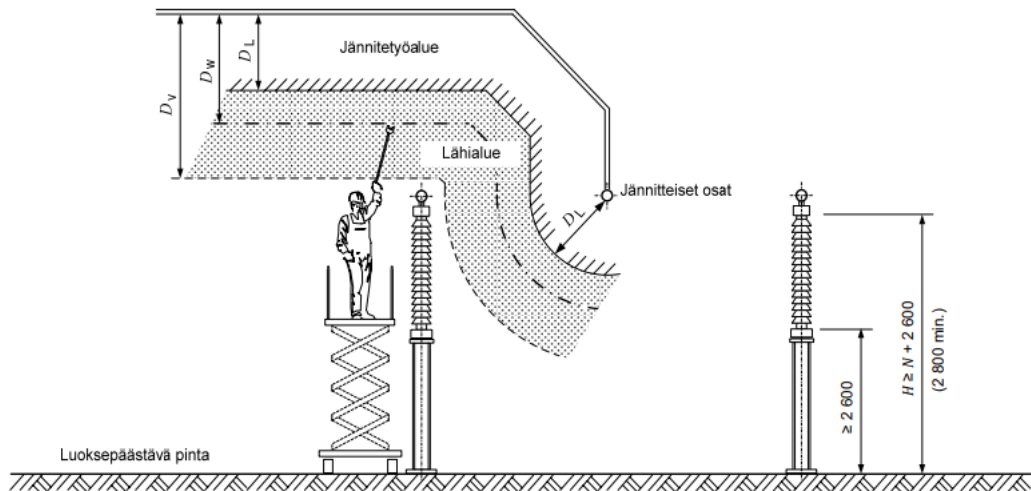
Ulkokomponentteja suunniteltaessa olennainen osa suunnittelua on teräsrakenteet. Komponentit on sijoitettava kentälle sen hetkisten suurjännitstandardin SFS 6001:2018 ja Ratateknisten ohjeiden 5 (RATO 5) mukaisesti. Komponentit sijoitetaan kuumasinkittyjen teräsrakenteiden päälle. Kuumasinkittyjen teräselementtien vaatimuksia käsittelevät standardit SFS-EN ISO 14713-1 ja SFS-EN ISO 14713-2.

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla jokaisella ulkokomponentilla on jännitteisiä kosketussuojaamattomia osia. Kaikki komponentit kuitenkin sijaitsevat riittävän kaukana rakennuksista ja aidoista, joten voidaan soveltaa standardin SFS 6001:2018 kohtaa 7.2.5. Komponentin alaosaan täytyy olla vähintään maan pinnasta matkaa 2 600 mm ja jännitteiseen osaan 2 800 mm [12, s. 51–60.]

Etäisyyksien selvittyä teräsrakenteiden suunnittelussa on huomioitava

- oman painon aiheuttama kuorma
- vetokuorma
- asennuskuorma
- jääkuorma ja
- tuulikuorma. [12, s. 31.]

Kuvassa 10 on esitetty standardin SFS 6001 mukaiset jännitteisten osien vähimmäisetäisyysvaatimukset.



Selite

D_L N

D_V $N + 1\,000$, kun $U_n \leq 110$ kV

D_V $N + 2\,000$, kun $U_n > 110$ kV

D_W Kansallisten standardien tai määräysten mukainen työskentelyetäisyys katso SFS 6002

N Vähimmäisetäisyys

H Vähimmäiskorkeus

Kuva 6 Vähimmäiskorkeudet ja työskentelyetäisyydet sähkötiloissa (mitat millimetreinä)

Kuva 10. Vähimmäiskorkeudet. [12, s. 59.]

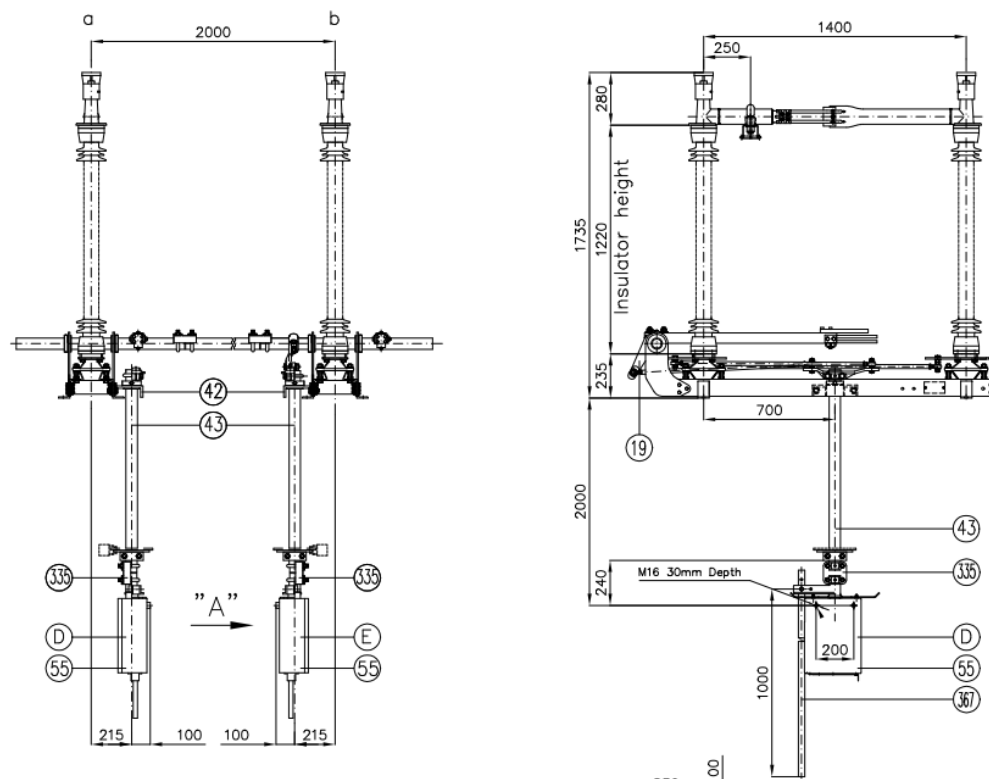
6.1 110 kV:n erottimet

Erottiin on komponentti, jolla saadaan katkaistua sähkön kulku sähköasemalla. Sen tarkoitus on tehdä turvallinen ja riittävä avausväli jännitteisten ja jännitteettömien osien välille. Erottimien tilatietoja valvotaan asennon osoituksilla sekä paikallisesti että etänä. Kytkinlaitteiden, kuten esimerkiksi erottimien asennon osoitukset on oltava käyttäjän nähtävillä ja niistä tulee näkyä pääkoskettimien todellinen tila yksiselitteisesti [12, s. 41.]. Käytännössä erottimella katkaistaan virtapiiri manuaalisesti eikä sillä ole jännitteistä jälleenkytkentä mahdollisuutta toisin kuin katkaisijalla.

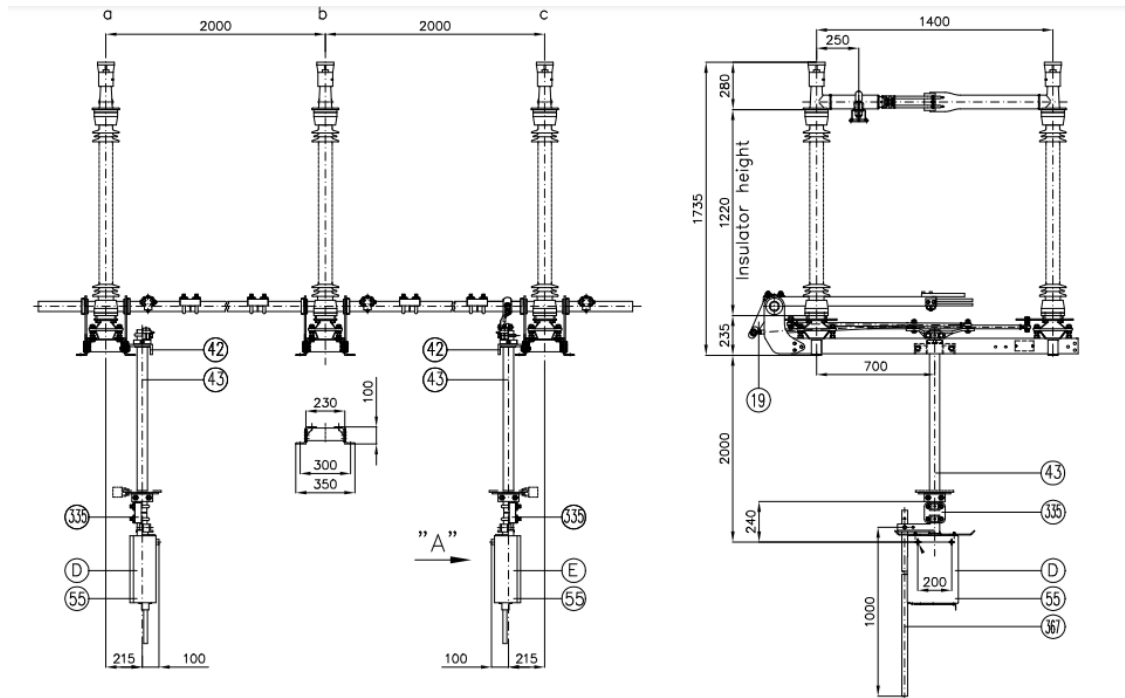
Erottimessa on yläpäässä navat, joihin kaapelit kytketään. Napojen välissä on veitset, jotka kuljettavat sähkön erottimesta läpi. Veitsiä voidaan ohjata joko paikallisesti mekaanisilla ohjaimilla tai kaukokäytöllä etänä. Varsinkin uusilla sähköasemilla on kumpikin tapa käytössä.

Erottimia suunniteltaessa sähköasemalle tulee huomioida, montako vaihetta on käytössä ja tarvitseeko olla maadoitettu erotin vai ei. Mitä enemmän napoja ja maadoitusveitsiä, sitä enemmän erotin maksaa.

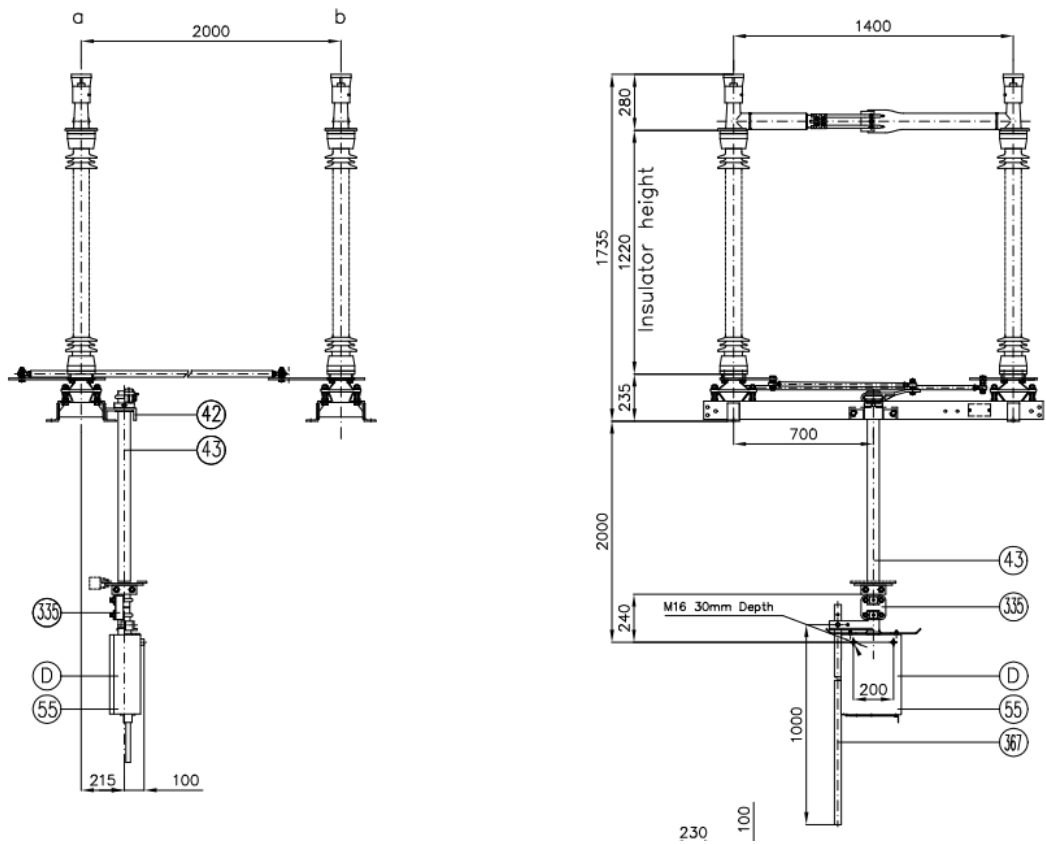
Kuvissa 11–13 on esitetty Myllyvuoren sähköyöttöasemalla käytettyjen 110 kV:n erottimien rakennekuvat. Kuvassa 11 on 110 kV:n kaksivaiheinen 2000 mm:n vaihevälillä oleva maadoitusveitsellinen erotin. Kuvassa 12 on 110 kV:n kolmivaiheinen 2000 mm:n vaihevälillä oleva maadoitusveitsellinen erotin. Kuvassa 13 on 110 kV:n kaksivaiheinen 2000 mm:n vaihevälillä oleva erotin.



Kuva 11. Hapam 110 kV:n kaksinapainen maadoitettu erotin ja ohjaimet. [13.]



Kuva 12. Hapam 110 kV:n kolminapainen maadoitettu erotin ja ohjaimet. [13.]



Kuva 13. Hapam 110 kV:n kaksinapainen maadoittamaton erotin. [13.]

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla on kuusi 110 kV:n erotinta:

- 3.21.3 on maadoittava kolmenapainen erotin, joka sijaitsee 110 kV:n syöttöportaalien alla. Tämän erottimen kautta liitytään 110 kV:n kantaverkkoon. Sen maadoitusveitset on merkattu tunnuksella 3.21.9.
- 3.01.1 on ensimmäinen komponentti PM1-linjalla. Se on maadoittava kaksinapainen erotin, jonka maadoitusveitset ovat merkitty tunnuksella 3.01.9.
- 3.01.3 on samanlainen erotin kuin 3.01.1, mutta ilman maadoitusveitsiä.
- 3.02.1 on samanlainen erotin kuin 3.01.1 ja sen maadoitusveitset on merkitty tunnuksella 3.02.9.
- 3.02.3 on samanlainen kuin 3.01.3.
- 3.01.4 on välierotin. Sen kautta voidaan syöttää päämuuntajia ristiin. 3.01.4 on samanlainen kaksinapainen erotin kuin 3.01.3 ja 3.02.3.

6.2 110 kV:n katkaisijat

Katkaisijan tehtävä suurjänniteverkossa on avata ja sulkea virtapiiri turvallisesti. Erottimen tavoin katkaisijaa voidaan ohjata käsiohjauksella. Usein katkaisijaa halutaan kuitenkin käyttää automaattisesti. Automaattista käyttöä hyödynnetään ylivirtatilanteissa, sillä se pystyy avaamaan sekä sulkemaan oikosulkupiirin. Kytinlaitteiden esimerkiksi katkaisijoiden asennonosoitukset on oltava käyttäjän nähtävillä ja niistä tulee näkyä pääkoskettimien todellinen tila yksiselitteisesti [12, s. 41.].

Katkaisijat voidaan jakaa kuuteen ryhmään niiden väliaineiden perusteella:

- tyhjiökatkaisijat
- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat ja
- SF₆ katkaisijat.

Tyhjiökatkaisijan toiminta perustuu valokaareen tyhjiössä. Katkaisijan koskettimet avataan tyhjiössä, jolloin niiden väliin muodostuu valokaari. Valokaari on kuitenkin helppo sammuttaa tyhjiön ansiosta. [15.]

Ilmakatkaisijoita käytetään pääsääntöisesti pienjännite puolella. Niiden toiminta perustuu katkaisukärkiin, jotka ovat normaalipaineisessa ilmassa. Katkaisukärkien lisäksi ilmakatkaisijoissa on tavallisesti pää- ja valokaarikoskettimet. Katkaisijan ollessa kiinni virta kulkee pääkoskettimien kautta. Katkaisijan ollessa auki valokaari syntyy valokaari koskettimien välille. [15.]

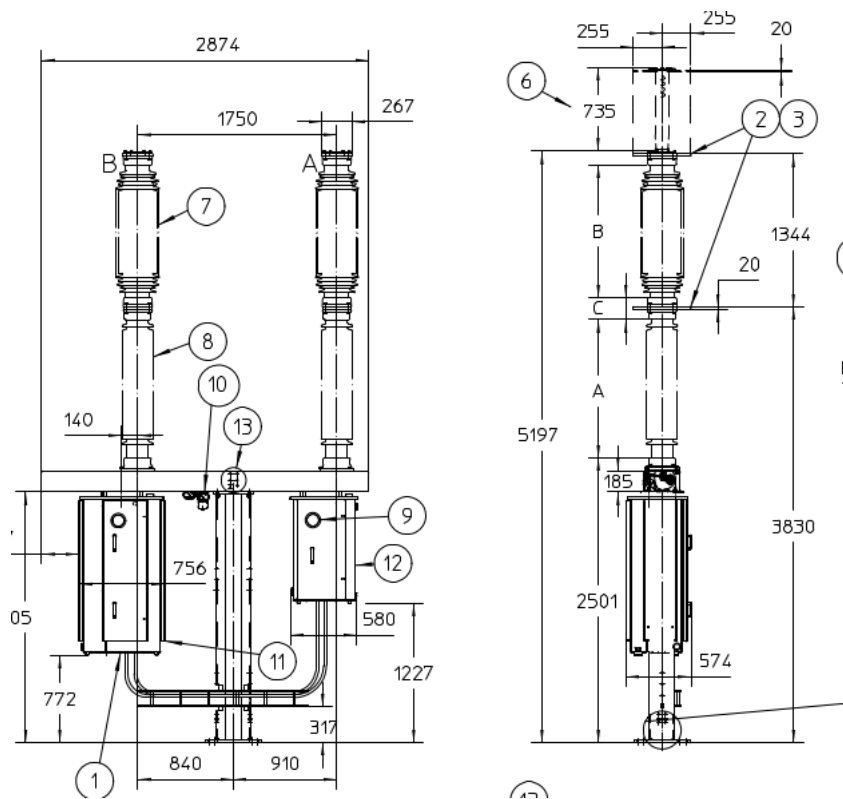
Öljykatkaisijan toimintaperiaate perustuu mineraaliöljyyn. Valokaaren syntyessä öljykatkaisijassa, katkaisijan öljy kaasuuntuu. Kaasun paineen kasvaessa kaasun deionisaatio kasvaa. Tämän seurauksena valokaari sammuu.

Vähäöljykatkaisijoissa sammutuskammiot ovat jokaiselle vaiheelle erikseen. Sammutuskammiossa syntyy painetta, joka aiheuttaa puhalluksen. Puhallus saa aikaan virran katkeamisen. Vähäöljykatkaisijat ovat olleet suosittuja erityisesti alle 123 kV:n jännitealueilla. [15.]

Paineilmakatkaisijassa on yksi tai useampi katkaisupää. Jännitteen kasvaessa tarvitaan useampia katkaisupäitä. Paineilmakatkaisijassa valokaari sammutetaan paineilmalla. [15.]

Myllyvuori SA:lle lisättiin ABB:n kaksinapainen SF₆-katkaisija. SF₆ on rikkiheksafluoridia. Se on erinomainen kaasu katkaisijatarcoitukseen palamattomuutensa ja suuren valokaaren jäähdytyskykynsä ansiosta. Tämän ansiosta SF₆-katkaisijoilla on poikkeuksellisen hyvä katkaisuteho. Lisäksi SF₆-katkaisijat ovat halvempia kuin samaan käyttötarkoitukseen käytettävät katkaisijat. [15.]

Kuvassa 14 on Myllyvuori SA:n uuden SF₆-katkaisijan rakennekuva.



Kuva 14. ABB:n SF₆-katkaisija. [13.]

6.3 110 kV:n virtamuuntajat

Virtamuuntaja on mittamuuntaja, jonka tehtävä sähköasemalla on muuntaa piirin virta sopivaksi pienjännitteellä toimiville suojarelleille ja mittareille sekä eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan. Virtamuuntajat kytetään aina sarjaan mitattavan virtapiirin kanssa.

SFS 6001 mukaisesti:

Virtamuuntajien ylivirtakerroin ja taakka on valittava siten, että suojalaitteet toimivat oikein ja mittalaitteen vikaantuminen oikosulussa estetään.

Suurjänniteverkoissa, joiden ensiöaikavakio on pitkä, ja joissa tehdään jälleenkytkentöjä, on otettava huomioon oikosulkuvirran tasakomponentista johtuva transienttirasitus. Toimenpidesuosituksia esitetään standardissa SFS-EN 60044-6.

Jos mittalaitteita on kytketty myös suojavirtamuuntajien sydämiin, mittalaitteet on tarvittaessa suojattava sopivien välimuuntajien avulla suurten oikosulkuvirtojen aiheuttamilta vaurioilta.

Tarvittaessa ensiö- ja toisiopiirin välissä on oltava tehokas sähköinen suoja kytkentätoimenpiteistä toisiopuolelle aiheutuvien transienttiylijännitteiden pienentämiseksi.

Vaarallisten ylijännitteiden välttämiseksi virtamuuntajien toisiopiirien oikosulkemisen tulee olla mahdollista. [12, s. 51–60.]

Virtamuuntajan tärkeimmät tekniset arvot on ilmoitettu yleensä sen arvokilvessä, joka tavallisesti löytyy virtamuuntajan kyljestä.

Arvokilpeen on tavallisesti merkattu seuraavat arvot: terminen mitoitusvirta (I_{th}), dynaaminen mitoitusvirta (I_{dyn}), eristystaso, nimellisjännite, mitoitustaajuus, mitoitusensiövirta (I_{pn}), virta-alueen laajennuskerroin (ext %), mitoitustoisiovirta (I_{sn}), mitoitustaakka S_n ja tarkkuusluokka. Seuraavassa on avattu tärkeimpien termien merkitys.

- Terminen mitoitusvirta ilmaisee, kuinka suuren ensiövirran virtamuuntaja kestää yhden sekunnin ajan ilman, että se vahingoittuu termisesti.
- Dynaaminen mitoitusvirta ilmaisee, kuinka suuret ensiövirran aiheuttamat voimat virtamuuntaja kestää toisiokäämit oikosuljettuina.

- Nimellisjännitteellä tarkoitetaan jännitettä, jonka virtamuuntaja kestää vahingoittumatta.

- Mitoitusensiövirrat on standardoitu seuraavanlaisesti:

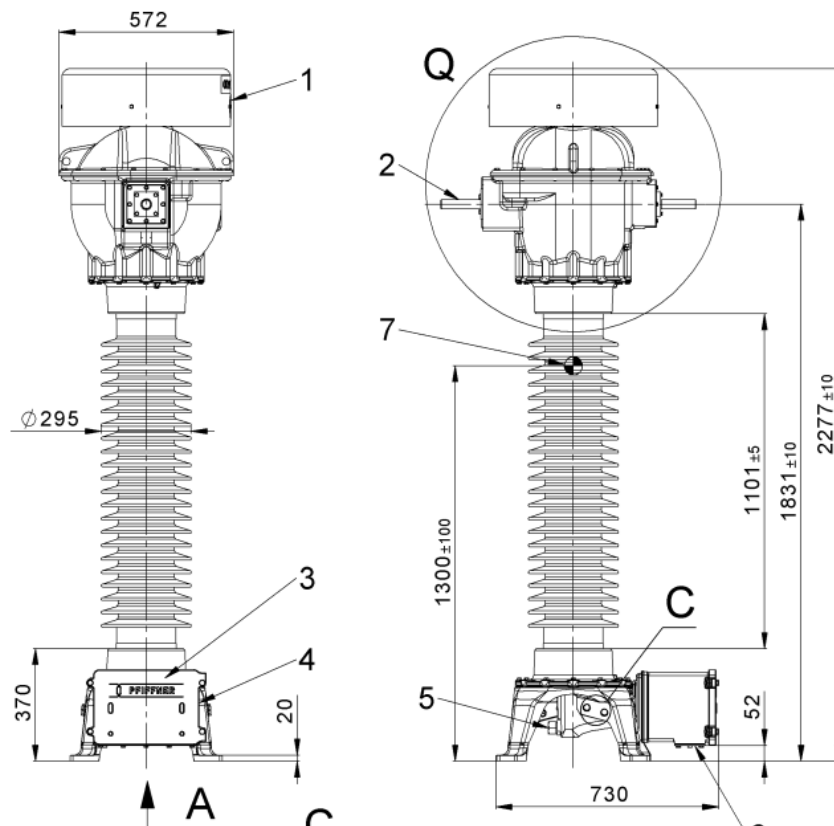
10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 A. Kyseiset arvot muuttuvat kymmenpotenssikerrannaisesti eli esimerkiksi mitoitusensiövirta voi olla $20 \text{ A} * 10^1 = 200 \text{ A}$. Lisäksi virtamuuntajat voivat olla vaihtokytkettäviä kahdelle eri ensiövirralle. Esimerkiksi pääkaaviota suunniteltaessa käytettävä mitoitusensiövirta alleviivataan (esimerkiksi 100–200 A).

- Virta-alueen laajennuskerroin liittyy mitoitusensiövirtaan. Se tarkoittaa ensiövirtaa, johon vaikuttamat lämpenemät eivät ylitä annettuja arvoja. Käytännössä virta-alueen laajennuskerroin ilmoitetaan prosentteina mitoitusensiövirrasta.
- Jokaisella virtamuuntajalla on oma tarkkuusluokkansa ja nimellistaakkansa. Mitoitustaakka tarkoittaa suurinta mahdollista kuormitusimpedanssia, jolla virtamuuntajaa voidaan kuormittaa kyseisessä tarkkuusluokassa. Impedanssin yksikkö on (Ω). Näin ollen nimellistaakka ilmoitetaan tehona, joka saadaan muodostettua, kun kuormitusimpedanssi (Ω) kerrotaan nimellistoisiovirran neliöllä (A^2).
- Virtamuuntajan keskeisimpiä asioita on sen sydän tai sydämet. Sydämiä voi olla yksi tai useampi. Virtamuuntajan sisältäessä vain yhden sydämen tarkoittaa se, että sillä on yksi ensiökäämi ja yksi toisiokäämi. Useampi sydän tarkoittaa, että on yksi ensiökäämi ja jokaisella sydämellä oma toisiokäämi.

Mittaussydämillä on omat tarkkuusluokkansa, joiden on oltava IEC 61869:2012 standardissa mainitun mukaisia. Tarkkuusluokat ilmoittavat virtavirheen ja kulmavirheen. Virtavirhe saadaan yhtälöstä (nimellismuuntosuhde * todellinen toisiovirta – todellinen ensiövirta) / todellinen

ensiövirta. Kulmavirhe tarkoittaa ensiövirran ja toisiovirran välistä vaihesiirtokulmaa. Se on positiivinen, jos toisiovirta on ensiövirran edellä. Negatiivinen se on, kun ensiövirta on toisiovirran edellä. [16, s. 286–294.]

Myllyvuori SA:ssa 110 kV:n puolella on käytössä neljä Pfiffnerin vaihtokytettävää virtamuuntajaa, jonka virta-arvot ovat 100–200/5/5/5/5 A. Kuvassa 15 on Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla käytettyjen 110 kV:n virtamuuntajien rakennekuva.



Kuva 15. Pfiffner Current Transformer JOF 123. [14.]

6.4 110 kV:n jännitemuuntajat

Jännitemuuntaja on mittamuuntaja, jonka tehtävä on muuntaa ensiöpiirin jännite sopivaksi toisiokojeille. Lisäksi jännitemuuntaja eristää ensiöpiirit ja toisiopiirit toisistaan. Toisin kuin virtamuuntajat, jännitemuuntajat kytketään aina mitattavan virtapiirin rinnalle.

SFS 6001 mukaisesti:

Jännitemuuntajat on valittava siten, että toision nimellisjännite ja tarkkuus soveltuvat niihin kytketyille laitteille ja johdotuksille. Ferroresonanssin vaara on otettava huomioon.

Jännitemuuntajien toisiopuoli on suojattava oikosulkujen vaikutuksilta ja suojalaitteiden toimintaa tulee valvoa. [12, s. 51–60.]

Jännitemuuntajan tärkeimmät tekniset arvot on ilmoitettu sen arvokilvessä. Jännitemuuntajan tärkeimmät teknilliset arvot ovat: eristystaso, mitoitustaajuus, mitoitusensiöjännite (U_{pn}), mitoitusensiökerroin, mitoitustoisiojännite U_{sn} , mitoitustaakka S_n ja tarkkuusluokka. Seuraavassa on avattu tärkeimpien termien merkitys.

- Mitoitusensiöjännite ilmoitetaan pääjännitteenä, kun jännitemuuntaja on kytketty vaiheiden väliin esimerkiksi 110 000 V. Jos jännitemuuntaja on kytketty tähtipisteen ja maan väliin tai vaiheen ja tähtipisteen väliin, ilmoitetaan mitoitusensiöjännite vaihejännitteenä esimerkiksi $110\,000\text{ V} / \sqrt{3}$.
- Mitoitusjännitekerrointa käytetään, kun halutaan tietää suurin mahdollinen ensiöjännite, jolla muuntajaa voidaan kuormittaa tietyn ajan. Kyseinen ensiöjännite saadaan, kun kerrotaan mitoitusjännitekerroin mitoitusensiöjännitteellä.
- Jännitemuuntajan toisiokäämejä voidaan käyttää kolmeen eri tarkoitukseen. Mittauskäämillä nimensä mukaisesti mitataan jännitettä. Suojauskäämiä käytetään suojaukseen ja mittaukseen. Avokolmiokäämiä käytetään maasulkusuojaukseen.
- Mitoitustaakalla tarkoitetaan suurinta mahdollista kuormituksen johtavuutta, jolla kyseistä jännitemuuntajaa voidaan kuormittaa.

- Niin kuin virtamuuntajissa, myös jännitemuuntajissa on tarkkuusluokat. Jännitevirhe saadaan yhtälöstä

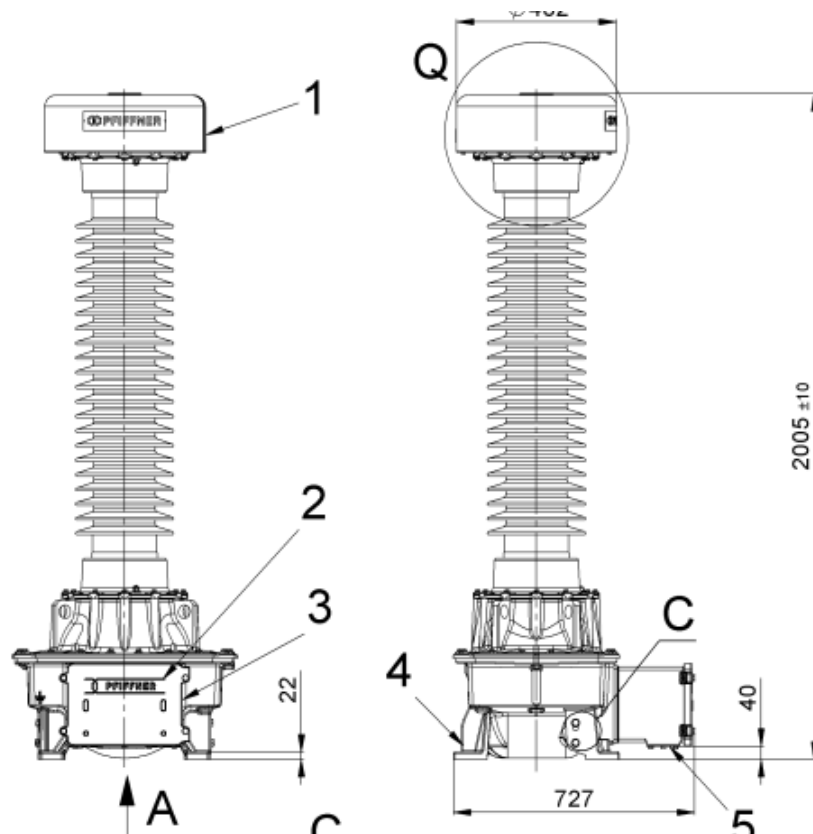
$$\frac{\text{mitoitusmuuntosuhde} \cdot \text{todellinen toisiojännite} - \text{todellinen ensiojännite}}{\text{todellinen ensiojännite}} * 100\%$$

Kulmavirhe on ensiojännitteen ja toisiojännitteen vaihesiirtokulma. Ensiojännitteen ollessa toisiojännitettä edellä on arvo negatiivinen. Jos toisiojännite on ensiojännitettä edellä, on arvo positiivinen. [16, s. 286–294.]

Myllyvuori SA:ssa on Pfiffnerin jännitemuuntajat, joiden ensiökäämit on kytketty vaiheen ja maan väliin. Niiden toisipuolella on mittaus- ja avokolmiokäämi:

$\frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3}$ kV. Kuvassa 16 on esitetty Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla

käytettyjen 110 kV:n jännitemuuntajien rakennekuva.



Kuva 16. Pfiffner Voltage Transformer EOF 123. [14.]

6.5 Ylijännitesuojaus

Ylijännitesuojat voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: levykipinävälisuojaallisiin, aktiivikipinävälisuojaallisiin ja metallioksidisuojiin (ZnO). Näistä kolmesta uusin ja paras vaihtoehto on metallioksidisuojaus, koska niiden suojaustaso on huomattavasti parempi kuin edeltäjillään.

Ylijännitesuojan tehtävä on laskea saapuvien ylijännitteiden amplitudi vaarattoman alhaiseksi. Ylijännitesuojat sijoitetaan aina kalleimman komponentin lähelle. Yleensä tämä on päämuuntaja.

Ylijännitesuojan valinta on yleisesti ottaen kallista ja vaikeaa. Sen takia kannattaa kiinnittää huomiota seuraaviin käsitteisiin: nimellisjännite, jäännösjännite, suojaustaso, virtakestoisuus, energiakestoisuus ja jatkuva jännite. Seuraavassa on avattu tärkeimpien termien merkitys.

- Nimellisjännitteellä tarkoitetaan jännitteen tehollisarvoa, jolla suojan kestoaika on 1000 sekuntia.
- Jäännösjännitteellä tarkoitetaan suurinta jännitettä liittimien välillä ylijännitteen purkauksen aikana.
- Suojaustaso vastaa jäännösjännitettä, mutta se ilmoitetaan kytkentäjännitteellä ja 8/20 mikrosekunnin syöksyjännitteellä.
- Virtakestoisuudella tarkoitetaan arvoa 2000 mikrosekunnin suora-kulma-aallon virralle ja 4/10 mikrosekunnin syöksyvirrälle.
- Energiakestoisuus on energia jaettuna nimellisjännitteellä (kJ/kV).
- Jatkuva jännite on arvo, jolla suojaa voidaan kuormittaa ajasta riippumatta 80 %:lla nimellisjännitteestä. [16, s. 143–144.]

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla ylijännitesuojat sijaitsevat kummankin päämuuntaja ensiöpuolen A- ja X-navoissa sekä ratajohtolähdöissä.

6.6 25 kV:n erottimet

25 kV:n erottimet toimivat samalla tavalla kuin 110 kV:n erottimet ja niitä koskevat samat määräykset. Muuten ne ovat täysin samanlaisia, mutta 25 kV:n komponentit ovat luonnollisesti pienempiä kuin 110 kV:n komponentit.

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla 25 kV:n erottimia käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

- Erottimet 6.92.7 ja 6.91.7 erottavat suodattimet muusta sähköasemasta.
- Erottimet 6.66.31, 6.66.32, 6.61.31 ja 6.12.1 erottavat omakäyttömuuntajat muusta asemasta.

Lisäksi 25 kV:n erottimia käytetään junaratojen sähkönsyöttöasemilla kennojen välierottimina ja ratajohtolähdöissä. Edellä mainittuja ei saneerata Myllyvuoren sähkönsyöttöaseman laajennusurakassa.

6.7 25 kV:n katkaisijat

25 kV katkaisijat toimivat samalla tavalla kuin 110 kV:n katkaisijat ja niitä koskevat samat määräykset. Muuten ne ovat täysin samanlaisia, mutta 25 kV:n komponentit ovat luonnollisesti pienempiä kuin 110 kV:n komponentit.

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla 25 kV:n katkaisijoita käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

- Katkaisijat 6.91.0 ja 6.92.0 erottavat suodattimet muusta sähköasemasta.

Lisäksi 25 kV:n katkaisijoita käytetään junaratojen sähkönsyöttöasemilla kennojen suojauksessa. Edellä mainittuja ei saneerata Myllyvuoren sähkönsyöttöaseman laajennusurakassa.

6.8 25 kV:n virtamuuntajat

25 kV virtamuuntajat toimivat samanlailla kuin 110 kV:n virtamuuntajat ja niitä koskevat samat määräykset. Muuten ne ovat täysin samanlaisia, mutta 25 kV:n komponentit ovat luonnollisesti pienempiä kuin 110 kV:n komponentit.

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla 25 kV:n virtamuuntajia ulkokentällä käytetään suodattimien suojauksessa yhteistyössä suodattimien katkaisijan kanssa. Virtamuuntaja antaa tiedon suojareleelle ylivirrasta, joka puolestaan aukaisee katkaisijan. Kyseistä aihetta sivutaan luvussa 9.

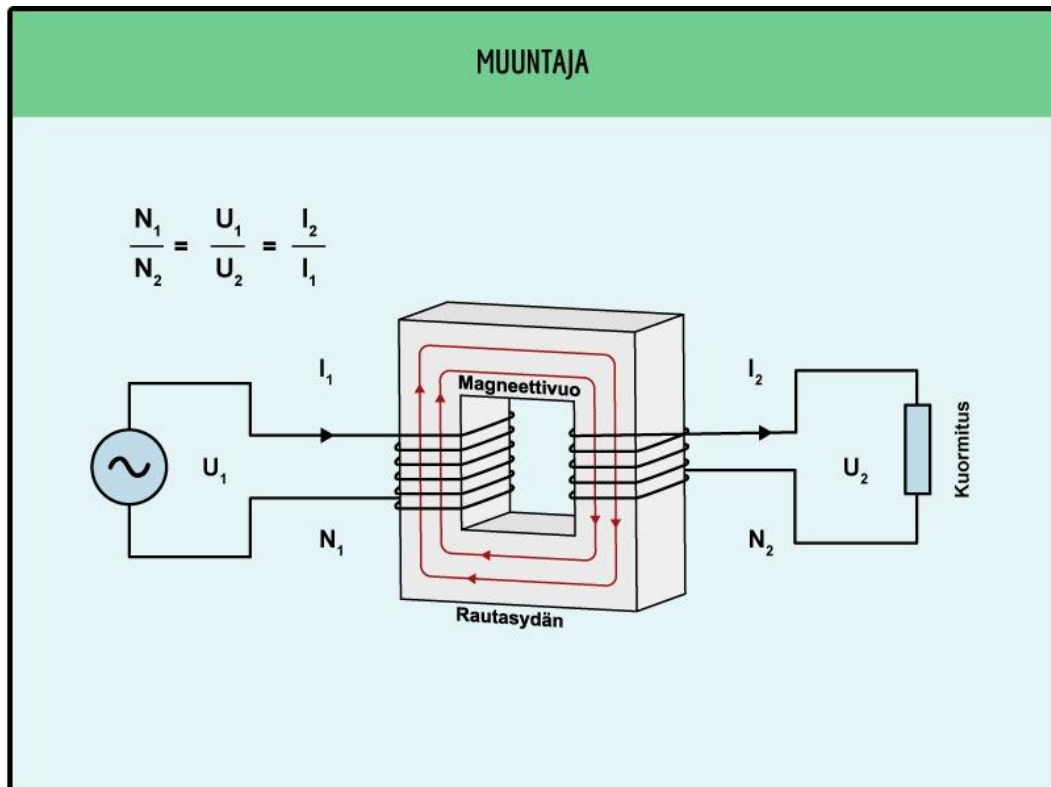
Ensimmäinen virtamuuntaja sijoitetaan suodattimen eteen, jotta sillä voidaan mitata suodattimelle kulkevaa virtaa. Yleensä kyseinen virtamuuntaja on arvoltaan 100/5 A. Näin on myös Myllyvuori SA:n suodattimilla SU1 ja SU2. Lisäksi virtamuuntajia on sijoitettu mittaamaan päämuuntajan toisiokäämistä lähteviä virtoja.

6.9 25 kV:n jännitemuuntajat

25 kV jännitemittaukset suoritetaan erikseen kummankin päämuuntajan toisipuolelta (liite 3). Kumpikin jännitemuuntaja kytketään vaiheen ja x-navan väliin (25000/100 V). Jännitemuuntajien ensiökäämit on kytketty 6 A:n sulakkeen kautta yhteiseen kennojen virtakiskoon. Toisiokäämit on kytketty omien päämuuntajiensa x-napaan. Päämuuntajien toisiokäämien jännitemittaukset suoritetaan kennoihin asetettavilla jännitemuuntajilla. Näin ollen ne eivät ole ulkokomponentteja.

6.10 Päämuuntajat

Päämuuntajat ovat sähköasemien tärkein yksittäinen komponentti. Muuntajan tehtävä sähköasemilla on muuntaa vaihtosähkön jännite toiseksi jännitteeksi ilman taajuuden muuttumista, esimerkiksi 110 kilovolttia 25 kilovoltiksi. Käytännössä muuntaja on sähkömagneettinen laite, jossa on rautasydän, ensiökäämi ja toisiokäämi. Ensiöpuolelle syötettävä vaihtovirta indisoiuu rautasydämeen, joka synnyttää magneettivuon. Magneettivuo indusoi tämän seurauksena toisiokäämiä. Toisiokäämiin muodostuu sen kierrosmäärän mukainen jännite. Teoreettisesti ajateltuna häviöttömässä muuntajassa ensiökäämien ja toisiokäämien jännitteet ovat suoraan verrannollisia käämien kierrosmääriin sekä kääntäen verrannollisia niissä kulkeviin virtoihin. Tästä saadaan johdettua muuntajan muuntosuhde, jota kuvataan seuraavasti: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$, jossa U_1 on ensiökäämin jännite, U_2 on toisiokäämin jännite, N_1 on ensiökäämin kierrosmäärä, N_2 on toisiokäämin kierrosmäärä, I_1 on ensiökäämin virta ja I_2 on toisiokäämin virta. Muuntajat eivät kuitenkaan koskaan ole täysin häviöttömiä, vaan ne luovuttavat aina jonkun verran lämpöä ja energiaa. Sen takia ne usein eristetään esimerkiksi öljyllä. Kuvassa 17 on havainnollistettu edellä kuvattu muuntajan toiminta.



Kuva 17. Muuntajan toimintaperiaate. [17.]

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla on kaksi ABB:n öljyeristeistä päämuuntajaa PM1 ja PM2. Ne on rakennettu betonisten muuntaja-altaiden päälle. Muuntaja-altaan ideana on estää öljyn pääsy luontoon onnettomuuden sattuessa.

Myllyvuori SA:n muuntajat ovat täysin samanlaiset 110/27,5 kV:n muuntajat. Teholtaan ne ovat 7,5 MVA. Niissä on ensiöpuolella A- ja X-navat ja toisiopuolella a- ja x-navat. Junaradan paluuvirtakaapelit kytketään muuntajan x-napaan.

Koska muuntajat ovat todella arvokkaita, niitä suojataan ylijännitesuojilla. Lisäksi muuntajissa on useita valvontaominaisuuksia, jotka antavat hälytyksen siellä tapahtuvista poikkeamista. Myllyvuori SA:n päämuuntajista valvotaan öljyn korkeutta, ylipaineventtiiliä, kaasurelettä, öljyn lämpötilaa ja käämin lämpötilaa.

6.11 Suodattimet

Kuten luvussa 3.1 mainittiin, suodattimilla on merkittävä rooli junaratojen sähkönsyöttöasemilla. Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla on kaksi suodatinta SU1 ja SU2. Kumpikin ovat teholtaan 1,0 MVA.

Myllyvuori SA:n alkuperäinen SU1 ei sisältänyt katkaisijaa. Suodattimen vikaantuessa se laukaisi 110 kV:n katkaisijan. Tämä tarkoittaa sitä, että asema ei pystynyt syöttämään sähköä junaradalle suodattimen vikaantuessa. Se on ongelma, koska seuraavalle syöttöasemalle on noin 40 kilometriä. Lisäksi Haminan suunnalla on raideliikenne lisääntynyt viime vuosikymmeninä. Asia ratkaistiin asentamalla 25 kV:n katkaisija SU1:n eteen. Näin ollen vian sattuessa saadaan erotettua pelkkä suodatin muusta sähköasemasta ja muu asema voi syöttää edelleen junarataa. Toinen SU1:n ongelma oli liiallisen kapasitiivisen loistehon tuotto. Liitteitä 1 ja 4 vertailtaessa huomataan, että kyseisestä suodattimesta poistettiin puolet kondensaattoreista. Näin saatiin vähennettyä kapasitiivisen loistehon tuotto noin puoleen alkuperäisestä. Toisen kondensaattori sarjan poisto tarkoittaa, että epäbalanssivirtamuuntaja voitiin poistaa.

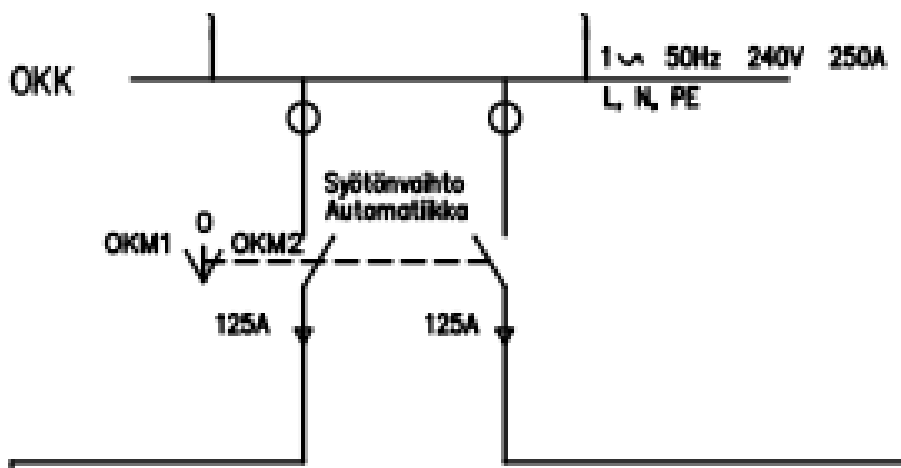
Kuvassa 18 oleva SU2 on uusi suodatin, joka on kytketty PM2:n kanssa. Suodatinta varten muuntobunkkerin päälle tehdään teline, johon saadaan sijoitettua tarvittavat katkaisijat ja erottimet sekä paluuvirtakaapelit (liite 5). Suodatin koostuu kondensaattoreista, epäbalanssivirtamuuntajasta, kelasta ja vastuksesta. Ne joudutaan sijoittamaan asemalla lähelle maantasoa. Koska niissä on jokaisessa näkyviä jännitteisiä osia, on suodattimen alue rajattava aidalla.



Kuva 18. Suodatin SU2.

6.12 Omakäyttömuuntajat

Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalla on kaksi 27,5/0,4 kV:n öljyeristeistä omakäyttömuuntajaa OKM1 ja OKM2. Teholtaan ne ovat 30 kVA. Omakäyttömuuntajia syötetään päämuuntajan toisiopuolen a- ja x-navoista. Omakäyttömuuntajat puolestaan syöttävät omakäyttökeskusta (OKK). Omakäyttökeskuksen kautta kulkee kaikki sähköaseman rakennuksessa olevat sähkölaitteet kuten pistorasiat, valaistus ja lämmitys. OKK:ta voidaan syöttää kummalla tahansa OKM:lla vaihtoautomaatiikan avulla (kuva 19).



Kuva 19. OKK:n syötön vaihtoautomaatiikka.

7 Köysitys ja liittimet

Ulkokomponenttien valintojen, teräsrakennesuunnittelun ja komponenttien sijoitussuunnittelun jälkeen täytyy suunnitella, miten komponentit saadaan yhdistettyä toisiinsa, jotta saadaan aikaan toimiva virtapiiri. On olemassa kaksi vaihtoehtoa: putkikiskosto tai köysitys. Junaratojen sähkönsyöttöasemilla käytetään yleisesti ottaen köysirakenteisia järjestelmiä, koska ne ovat halvempia ja nopeampia ratkaisuja kuin putkikiskostojärjestelmät.

Myllyvuori SA:lla asema köysitetään perinteisellä sähköasemaköydellä Duckilla. Duck kiinnitetään jokaiseen komponenttiin sopivalla liittimellä. Liitintä valittaessa tulee huomioida, että komponentit ovat erilaisia ja niihin käy erilaiset liittimet. Liitteessä 6 on esitetty Myllyvuori SA:lla käytetyt köysitykset ja liittimet.

8 Lukituskaaviot

Luvussa 6.1 käytiin läpi erottimia ja miten niitä ohjataan auki ja kiinni. Erottimet ovat toisistaan ja niiden tilatiedoista riippuvaisia. Jokaiselta erottimelta lähtee tilatiedot aseman OT-kaappien releille. Releillä tiettyjen ehtojen on täytyttävä, jotta erottimia voidaan ohjata. Tiettyjen erottimien on oltava auki sekä lukitusjärjestyksen on oltava päällä. Liitteissä 7,8 ja 9 on esitetty Myllyvuori SA:n ulkokomponenttien lukituskaaviot.

9 Suojauskaaviot

Mittamuuntajia ja katkaisijoita suunniteltaessa on hyvä ymmärtää, mikä on niiden tarkoitus. Suojauskaaviosta ilmenee mitä pitää tapahtua, että esimerkiksi suodattimen katkaisija aukeaa. Suojauskaavion tukena on hälytysluettelo, josta ilmenee aseman kaikki hälytykset. Liitteistä 10–13 ilmenee Myllyvuori SA:n ulkokomponenttien suojauskaaviot sekä taulukossa 1 listattuna tekemäni hälytysluettelo.

Taulukko 1. Hälytysluettelo

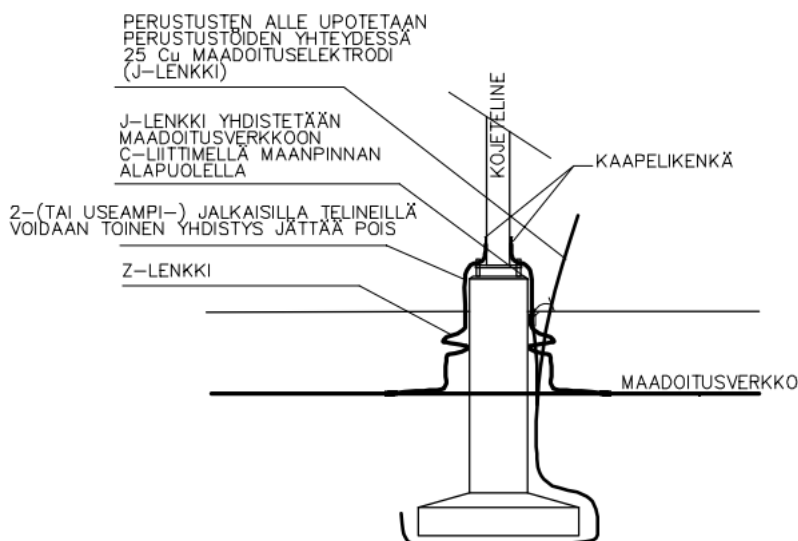
Hälytysnumero		Hälytyksen nimi
H14	110kV	110kV ALIJÄNNITE
H15		VARA
H16	110kV	110kV NOLLAJÄNNITE LAUKAISU
H17	110kV	110kV JM SUOJAKYTKIN
H18	PM1	PM1 SUOJA LAUKAISU
H19	PM1	PM1 KÄÄMIKYTKIMEN ÖLJYN VIRTAUS LAUKAISU
H20	PM1	
H21	PM1	PM1 KAASURELE
H22	PM1	PM1 LÄMPÖTILAN KUVAAJA
H23	PM1	PM1 ÖLJYN LÄMPÖTILA
H24	PM1	PM1 ÖLJYN KORKEUS
H25	PM1	PM1 KK MOOTTORIN SUOJAKYTKIN
H26		VARA
H27	PM1	PM1 YLIVIRTA LAUKAISU
H28	PM1	PM1 MAASULKU LAUKAISU
H29	PM1	PM1 YLIVIRTA LAUKAISU VARASUOJA
H30	PM1	PM1 MAASULKU LAUKAISU VARASUOJA
H31	3.01.0	3.01.0 KATKAISIJAN VIRITYSMOOTTORI
H32	3.01.0	3.01.0 KATKAISIJAN KAASUNPAIN
H33	3.01.0	3.01.0 KATKAISIJA OHJAIMEN LÄMMITYS
H34	SU1	SU1 YLIVIRTA LAUKAISU
H35	SU1	SU1 ALIVIRTA HÄLYTYS
H36	SU1	SU1 ALIVIRTA LAUKAISU
H37	SU1	6.91.0 ULKOKATKAISIJAN VIKA
H38	PM2	PM2 SUOJA LAUKAISU
H39	PM2	PM1 KÄÄMIKYTKIMEN ÖLJYN VIRTAUS LAUKAISU
H40	PM2	
H41	PM2	PM2 KAASURELE
H42	PM2	PM2 LÄMPÖTILAN KUVAAJA
H43	PM2	PM2 ÖLJYN LÄMPÖTILA
H44	PM2	PM2 ÖLJYN KORKEUS
H45	PM2	PM2 KK MOOTTORIN SUOJAKYTKIN
H46	SU2	SU2 SUODATTIMEN 6.92.7/6.92.9 EROTTIMEN SUOJAKYTKIN
H47	PM2	PM2 YLIVIRTA LAUKAISU
H48	PM2	PM2 MAASULKU LAUKAISU
H49	PM2	PM2 YLIVIRTA LAUKAISU VARASUOJA
H50	PM2	PM2 MAASULKU LAUKAISU VARASUOJA
H51	3.02.0	3.02.0 KATKAISIJAN VIRITYSMOOTTORI
H52	3.02.0	3.02.0 KATKAISIJAN KAASUNPAIN
H53	3.02.0	3.02.0 KATKAISIJA OHJAIMEN LÄMMITYS
H54	SU2	SU2 YLIVIRTA LAUKAISU
H55	SU2	SU2 EPÄSYMMETRIASUOJA HÄLYTYS
H56	SU2	SU2 EPÄSYMMETRIASUOJA LAUKAISU
H57	SU2	6.92.0 ULKOKATKAISIJAN VIKA
H58	OT1	1 KISKON OIKOSULKUSUOJA LAUKAISU
H59	OT1	6.66.31 SUOJAKYTKIN

10 Maadoitus

Maadoituksen tehtävä on estää johtavien osien jännitteiseksi tuleminen. Standardin SFS 6001:2018 liitteessä G on määritelty, miten ulkokentän kytkinlaitteet ja aidat tulee maadoittaa. Myllyvuoren sähkönsyöttöasemalle on jo sen rakennusvaiheessa asennettu maadoituselektrodi. Saneerauksen yhteydessä uuden päämuuntajan ja uusien ulkokomponenttien perustuksien alle asennetaan 75 cm syvyyteen 25 mm²:n kuparinen maadoituselektrodi, joka yhdistetään aseman alkuperäiseen maadoituselektrodiin.

Maanrakennusvaiheessa perustuksien alle asennetaan Cu 25 mm² J-lenkki, joka yhdistetään uuteen maadoitusverkkoon (kuva 20). Lisäksi suodattimien suoja-aidat maadoitetaan standardin SFS 6001:2018 liitteen G mukaisesti Cu 25 mm²:n johtimella. Päämuuntaja 2 maadoitetaan Cu 95 mm²:n johtimella.

Liitteessä 14 on Myllyvuori SA:n maadoitussuunnitelma.



Kuva 20. Perustusten päälle asennettavien kojetelelineiden maadoitus.

11 Yhteenveto

KokoHa-hanke on mittava junaradan parannushanke. Se koostuu neljästä eri osa-alueesta, joita ovat peruskorjaus (26,5 M€), akselipainon nosto (46 M€), turvalaitteiden uusiminen (38 M€) ja kehittämistoimenpiteet (26 M€).

Insinööriyön tavoitteena oli luoda selkeä kuvaus siitä, mitä kaikkea tulee ottaa huomioon sähköaseman laajennussuunnittelussa sekä selventää, mitä ulko-komponentit tekevät. Työssä läpikäytiin Suomessa käytettävää 25 kV:n 50 Hz:n järjestelmää ja sen luomia mahdollisuuksia sekä kerrottiin muista sähkönsyöttö-mahdollisuuksista.

Työ suoritettiin yhteistyössä NRC Group Finland Oy:n kanssa. Itse suunnittelu-työ ja opinnäytetyö aikataulutettiin ja yhteensovitettiin Myllyvuori SA:n laajenusurakkaan.

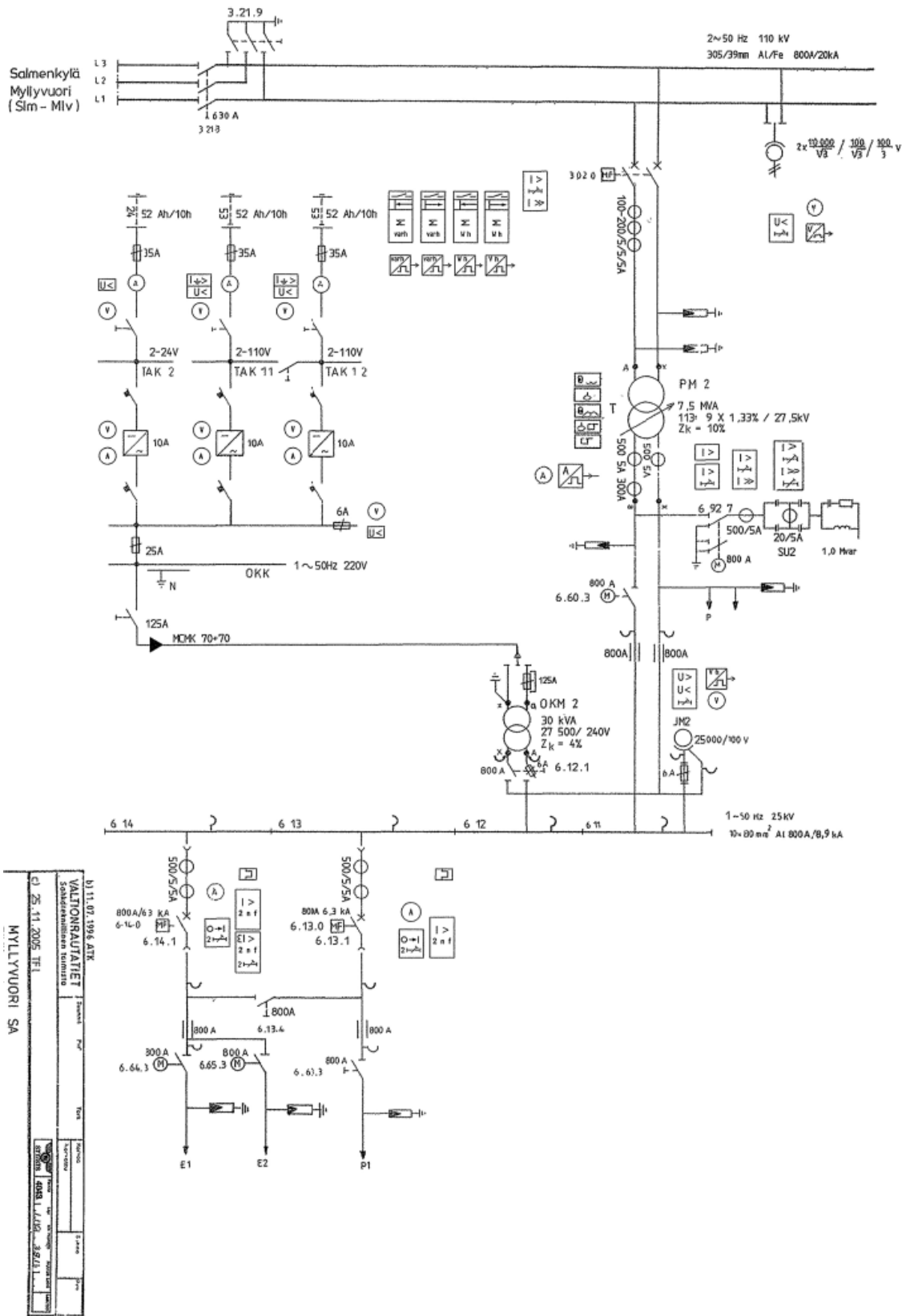
Työn tavoitteena oli luoda valmiit suunnitelmat Myllyvuori SA:n ulkokentän laajennusta varten. Urakan aikataulutuksen vuoksi suunnitelmat ovat perussuunnitelmia, koska urakka valmistuu kuukausia opinnäytetyön palautuksen jälkeen. Tämä tarkoittaa, että loppudokumentointi on rajattu tästä opinnäytetyöstä pois.

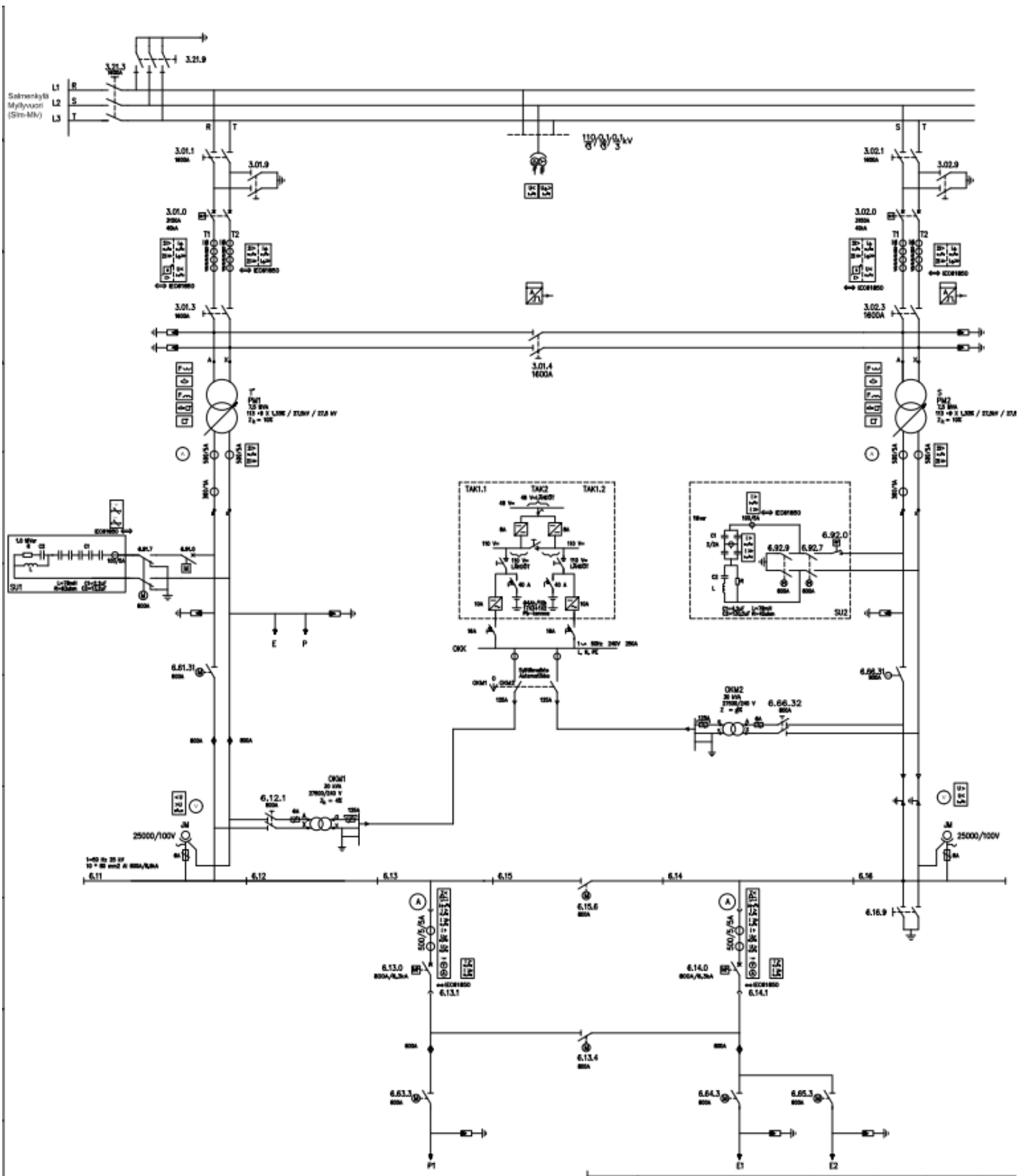
Työn konkreettinen tavoite oli luoda suunnitelmat, joiden perusteella ulkokenttää voidaan lähteä rakentamaan. Työssä onnistuttiin, vaikka teräsrakennesuunnittelussa erityisesti erottimien ohjainten putkissa ja teräsrakenteiden yhteensovituksessa oli vaikeuksia. Vaikeudet ratkaistiin yhteistyössä työmaahenkilöstön kanssa.







Lähteet



- 1 NRC yrityksenä. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/yritys/>>. Luettu 18.10.2021.
- 2 Raideinfraa yli 150 vuoden kokemuksella. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/>>. Luettu 18.10.2021.
- 3 Suomen suurin radanrakentaja. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/palvelut/rautatierakentaminen/>>. Luettu 18.10.2021.
- 4 Laadukasta kunnossapitoa. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/palvelut/kunnossapito/>>. Luettu 18.10.2021.
- 5 Monipuolisia ratainfraan materiaali- ja palveluja. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/palvelut/materiaalipalvelut/>>. Luettu 18.10.2021.
- 6 Koneet tehokkaaseen ja tarkkaan työhön. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/palvelut/konepalvelut/>>. Luettu 18.10.2021.
- 7 Paremman huomisen asialla. 2021. Verkkoaineisto. NRC Group Oy. <<https://nrcgroup.fi/projektit/>>. Luettu 18.10.2021.
- 8 Sähkörataohjeet. 2016. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf>. Luettu 1.9.2021.
- 9 Konsala, Kimmo. 1982. Artikkel. Sähköradan kytkinasemat ja ratajohto. Sähkö 55, sivut 46–55.
- 10 Sähköratajärjestelmän 2 x 25 kV kuvaus. 2001. Sähköradat Oy.
- 11 Kouvola-Kotka/Hamina. 2020. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://vayla.fi/kouvola-kotka-hamina?p_p_id=com_liferay_announcements_web_portlet_AnnouncementsPortlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_com_liferay_announcements_web_portlet_AnnouncementsPortlet_mvcRenderCommand-Name=%2Fannouncements%2Fview&_com_liferay_announcements_web_portlet_AnnouncementsPortlet_tabs1=read>. Luettu 9.9.2021
- 12 SFS 6001. Suurjänniteasennukset. 2018. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.

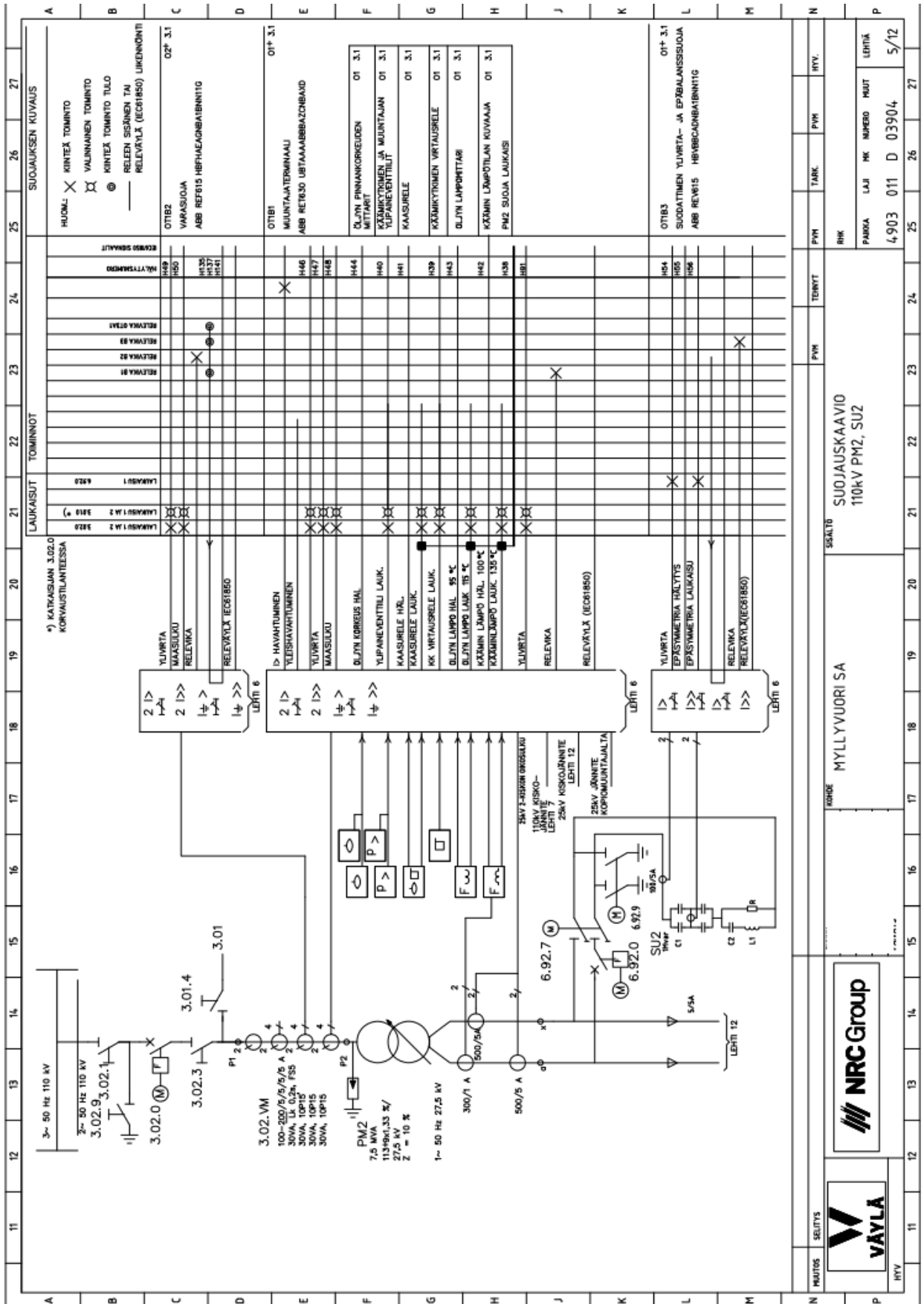
- 13 Koskinen, Vesa-Matti. 2021. Projektipäällikkö, NRC Group Finland Oy, Riihimäki. Sähköposti 8.9.2021.
- 14 Kankainen, Jari. 2021. Projekti-insinööri, NRC Group Finland Oy, Pieksämäki. Sähköposti 16.8.2021.
- 15 Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö. 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. 6. painos. Otatieto.
- 16 Teknisiä tietoja ja taulukoita. 2000. ABB. 9.painos. Sivut 286–294.
- 17 Muuntajan toimintaperiaate. 2014. Verkkoaineisto. e-Oppi Oy. <<https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/3vkkk/kuvat/luvun-39-kuvat/mt>>. Luettu 29.1.2022.





	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27																																																																				
A	6.61.31																																																																																				
B	LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ																																																																																				
C	6.13.0 AUKI																																																																																				
	6.15.6 AUKI																																																																																				
D	6.61.31 OHJATTAVISSA																																																																																				
E	LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ																																																																																				
F	6.16.9 AUKI																																																																																				
	6.13.0 AUKI																																																																																				
	6.14.0 AUKI																																																																																				
G	6.15.6 KIINNI																																																																																				
H																																																																																					
J																																																																																					
K																																																																																					
L																																																																																					
M																																																																																					
N	6.66.31																																																																																				
B	LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ																																																																																				
C	6.16.9 AUKI																																																																																				
	6.14.0 AUKI																																																																																				
D	6.15.6 AUKI																																																																																				
E	6.66.31 OHJATTAVISSA																																																																																				
F	LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ																																																																																				
G	6.16.9 AUKI																																																																																				
	6.13.0 AUKI																																																																																				
	6.14.0 AUKI																																																																																				
	6.15.6 KIINNI																																																																																				
N	<table border="1"> <tr> <td>PIILOTUS</td> <td>SELTITYS</td> <td colspan="15"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">  </td> <td colspan="15">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="15"> KODI MYLLYYUORI SA SISÄLTÖ LUKITUSKAAVIO OTZA1 </td> </tr> <tr> <td colspan="2">HYV.</td> <td colspan="15"></td> </tr> </table>																	PIILOTUS	SELTITYS																																			KODI MYLLYYUORI SA SISÄLTÖ LUKITUSKAAVIO OTZA1															HYV.																
PIILOTUS	SELTITYS																																																																																				
																																																																																					
		KODI MYLLYYUORI SA SISÄLTÖ LUKITUSKAAVIO OTZA1																																																																																			
HYV.																																																																																					
P	<table border="1"> <tr> <td>PAIKKA</td> <td>LAJI</td> <td>MK</td> <td>NUMERO</td> <td>MUUT</td> <td>LEHTIA</td> </tr> <tr> <td>4903</td> <td>011</td> <td>D</td> <td>03905</td> <td>1</td> <td>4/10</td> </tr> </table>																	PAIKKA	LAJI	MK	NUMERO	MUUT	LEHTIA	4903	011	D	03905	1	4/10																																																								
PAIKKA	LAJI	MK	NUMERO	MUUT	LEHTIA																																																																																
4903	011	D	03905	1	4/10																																																																																

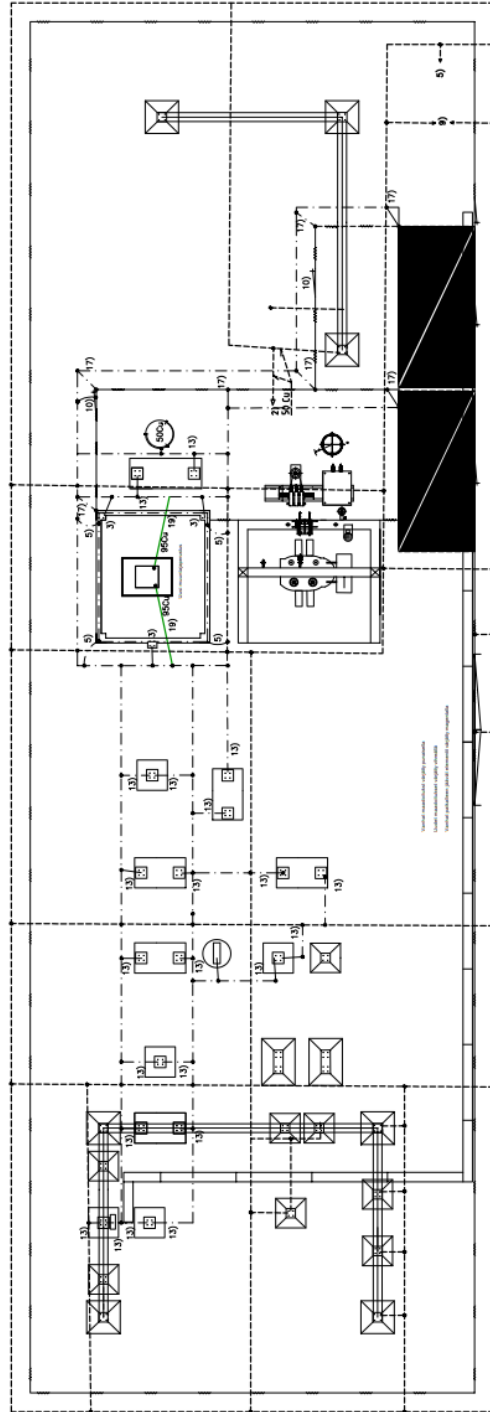
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
A	A1 RELE																
B	3.01.1 LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ & 3.01.0 AUKI 3.01.9 AUKI 3.01.1 OHJATTAVISSA																
C																	
D	3.01.3 LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ & 3.01.0 AUKI 3.01.9 AUKI 3.01.3 OHJATTAVISSA 6.91.7 & 6.91.7 OHJATTAVISSA 6.91.0 AUKI																
E																	
F																	
G	3.01.9 LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ & 3.01.3 AUKI 3.01.1 AUKI 3.01.9 OHJATTAVISSA																
H																	
J	3.01.4 LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ & 3.01.0 AUKI 3.02.0 AUKI 3.01.3 AUKI & 3.01.4 OHJATTAVISSA 1 & LUKITUSJÄNNITE PÄÄLLÄ 3.01.0 AUKI 3.02.0 AUKI 3.02.3 AUKI																
K																	
L																	
M																	
N	MUUTOS SELITYS KODI MYLLYVUORI SA SÄÄLTO LUKITUSKAAVIO OT1A1-A3 PVM TOIMYT PVM TARK. PVM HPV.																
P	RYH   PAKKA LAJI HK NUMERO MUUT LEMÄ 4.903 011 D 03905 1 2/10																



SUOJAUKSAAVIO
110kV PM2, SUZ

PAIKKA LAJI HK NÄPÖD HUUT
4903 011 D 03904
5/12

Maailmanlaulu O. Renvi



- 1) maastokartta, aluetietoinen suora keli, 30 palkkappi linnun jalassa.
- 2) 25 IV maastokartta, erillinen ohjelmisto 2 kpl, suodatimet ohuella 1 kpl
- 3) Orella olevien jätteenkäsittely maastokartat
- 4) Lämpösiirteiden välikäytävien maastokartat
- 5) Lämpösiirteiden välikäytävien maastokartat
- 6) Nostokäytävien ohjelma
 - erään maastokartassa > 6 mm (kellin, kelaal muuttamalla)
 - syytönsä ristikäytävissä > 0,5 m
 - eriytyksen plus ristikäytävissä > 3 m
- 7)
 - muu maastokartta, ota Aluekassa, pyöreä ka
 - Järjestelmä lla
 - erään maastokartta
 - Käytävien maastokartat
 - > 1000
 - Käytävien maastokartat
 - Käytävien maastokartat

- 8) Lämpösiirteiden maastokartat
- 9) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat 2x25 Cu
- 10) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 11) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 12) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 13) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 14) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 15) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 16) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 17) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 18) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat
- 19) Sähkö- ja putkiverkkojen maastokartat