TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
ELEKTROENERGEETIKA INSTITUUT

Tõrva 110/ 15kV alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigaldamine

Elektroenergeetika õppekava

Energiasüsteemide õppetool

Magistritöö

Õppetooli juhataja	prof	H. Tammoja
Juhendaja	dots	Ü. Treufeldt
Lõpetaja		K. Voznjuk

Tallinn 2015

Töö kaitsmine

Lõputöö on kaitstud .... 201.... a hindele .....

Kaitsmiskomisjoni esimees (nimi ja allkiri)_____

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal. Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneri-diplomit taotletud.

Lõpetaja (allkiri ja kuupäev) Konstantin Voznjuk_____

Lõputöö kokkuvõte

Autor: Konstantin Voznjuk *Lõputöö liik:* Magistritöö

Töö pealkiri: TÕRVA 110/ 15 kV ALAJAAMA MAAÜHENDUSVOOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE JA MAAÜHENDUSKAITSETE PAIGALDAMINE

Kuupäev: 27.05.2015 *84 lk*

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool
Teaduskond: Energeetikateaduskond
Instituut: Elektroenergeetika instituut
Õppetool: Energiasüsteemide õppetool

Töö juhendaja(d): dotsent Ülo Treufeldt
Töö konsultant (konsultandid):

Sisu kirjeldus:
Käesolevas magistritöös lahendatakse Tõrva alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigaldamise projekt. Objekt on võidetud Elektrilevi OÜ hankekonkursil, mille töövõtja on Eltech Service OÜ. Töö eesmärgiks on Tõrva alajaama rekonstrueerimine maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigaldamise jaoks ja sellega kaasnevate muudatuste sisseviimisega.

Lõputöö on jaotatud seitsmeks osaks, kus esimene ja teine peatükk kannab endas sissejuhatavat rolli maaühendusvooludest, nende tekkimisest ja piiramisest. Kolmandas peatükis keskendutakse kompenseerimisseadmete iseloomustamisele. Neljas peatükk annab ülevaate Tõrva olemasolevast alajaamast enne renoveerimist. Viiendas ja kuuendas peatükis iseloomustatakse Tõrva alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete valikut. Seitsmes peatükk on magistritöö suurim osa, kus näidatakse ära objektile paigaldatavad seadmed, nende seosed ja projekti lahendus.

Projekti valmimisel on tuginetud peamiselt EVS standarditele, Elektrilevi OÜ nõuetele ja hankedokumentidele.

Märksõnad:
Alajaama ehitus, maaühenduskaitse relee, kaarepooli kontroller, kaarekustutuspool, maaühendusvool, EGE kaarepool, kaarepoolide valik, alalisvoolu keskus, vahelduvvoolukeskus, signalisaator, kauglugemisterminal, side.

Summmary of the diploma work

Author: Konstantin Voznjuk *Kind of the work:*

Title: TÕRVA 110/ 15 kV SUBSTATION INSTALLATION OF EARTH FAULT COMPENSATION EQUIPMENT AND EARTH FAULT PROTECTION EQUIPMENT

Date: 27.05.2015 *84 pages*

University: Tallinn University of Technology
Faculty: Faculty of Power Engineering

Department: Department of Electrical Power Engineering
Chair: Chair of Power Systems

Tutor(s) of the work: Ülo Treufeldt
Consultant(s):

Abstract:
In this thesis is solved Tõrva 110/ 15 kV substation installation of earth fault compensation equipment and earth fault protection equipment project. This project was won in Elektrilevi OÜ tender buy contractor Eltech Service OÜ. The aim of this project is to rebuilt Tõrva substation for installation of earth fault compensation equipment and earth fault protection equipment and related changes in substation.

This work contains seven chapters. The first and second chapter carries an introductory role of earth fault currents how they arise and how to limit them. The third chapter focuses on the characterization of compensation equipment. The fourth chapter gives an overview of exixting Tõrva substation before renovation. The fifth and sixth chapter describe how to choose for Tõrva substation earth fault compensation equipment and earth fault protection equipment. Chapter seven is the highest part of the thesis, where are shown devices which was installed to object, their relationships and project solution. Project construction is based on Estonian Standardisation, requirements of Elektrilevi OÜ and tender documents.

Key words:
Substation reconstruction, earth fault protection relay, Petersen coil controller, Petersen coil, earth fault current, EGE Earth (ground) fault arc suppression coils (Petersen coils), selection of Petersen coil, direct current (DC) data center, AC center, alarm center, remote reading terminal, communication.

Sisukord

Töö kaitsmine **2**

Autorideklaratsioon **3**

Lõputöö kokkuvõte **4**

Summmary of the diploma work **5**

Lõputöö ülesanne **8**

Eessõna **10**

Sissejuhatus **11**

1. Maaühendusvoolud **13**

1.1 Maaühendusvoolude kujunemine 13
1.2 Maaühendusvoolude kujunemine isoleeritud neutraaliga võrgus 16
1.3 Maaühendusvoolu kujunemine resonantsmaandatud võrgus 18

2. Maaühendusvoolude kompenseerimine **21**

2.1 Peterseni pooli iseloomustus 21
2.2 Peterseni pooli ühendamisvõimalused 21

3. Kompenseerimisseadmed **24**

3.1 EGE kaarepoolide tutvustus 24

4. Tõrva alajaama kirjeldus **30**

5. Maaühenduskaitse põhimõtted **31**

5.1 Maaühenduskaitse releed 32
5.2 Kaarepooli kontrollerid 33
5.3 Kaablivoolutrafod maaühendusvoolu mõõtmiseks 36

6. Tõrva alajaama kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete valik **37**

6.1 Kompenseerimisseadmete valik 39

7. Tõrva alajaama projekti koostamine **44**

7.1 Tõrva alajaama maaühendusvoolude ja kompenseerimisseadmete paigutus 44
7.2 Projekteerimistööd 44
7.3 Ehitustööd ja paigaldustööd alajaamas 44
7.4 Primaarosa projekti nõuded 45
7.5 Primaarosa projekti lahendus 49
7.5.1 Maanduspaigaldise projekteerimine 50
7.5.2 Kaarepoolide ja maandusomatarbetrafo ühendamine vana 15 kV jaotlaga 51
7.5.3 Maandusomatarbetrafode omatarbe toite ühendamine 51
7.6 Sekundaarosa projekteerimine ja ehitamine 53
7.6.1 Tehniline projekt 53
7.6.2 Sekundaarosa tööde maht ja nõuded 54
7.6.3 Alalisvoolukeskus 55
7.6.4 Vahelduvvoolukeskus 56
7.6.5 Kesksignalisaatorid 58
7.6.6 Maaühenduskaitsete ja kaarepooli kontrollerite paneel 59
7.6.7 Kauglugemisterminal (RTU) paneel 59
7.6.8 Paneelide koostamine 59

Lõputöö kokkuvõte.....61

Kasutatud kirjandus 62

Lisad.....65

L.1. Algne maaühendusvoolude ja komp. seadmete hoone asukohaplaan ja demonteeritavad osad ...65
L.2. Tõrva üldehituse pealtvaade.....66
L.3. Tõrva alajaama uue hoone vaated 67
L.4. Tõrva alajaama uue hoone põrandate ja seinte katted.....68
L.5. Tõrva alajaama katuseplaan 69
L.6. Primaarosa seadmete, kaablitorude, paneelide ja kaabliredelite paigutus.....70
L.7. Maanduspaigaldise skeem.....76
L.8. Maaühendusvoolude ja kompenseerimis seadmete paigaldamise skeem.....77
L.9. 15 kV jaotla ja uute kaarepoolide sidumine 78
L.10. Omatarbe ahela sulavkaitse kilbi joonis.....79
L.11. Piirkonna alajaamade vahelduvvoolukeskuste nõuded 80
L.12. Tõrva kaarekustutus pooli andmed.....81
L.13. Tõrva maandusomatarbetrafo andmed 82
L.14. Tõrva AJ RTU seadmed.....83
L.15. Tõrva IP skeem.....84

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	**Tõrva 110/15kV alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigaldamine**
Üliõpilane:	**Konstantin Voznjuk**, **AAVM132433**
Lõputöö juhendaja:	**Ülo Treufeldt**
Õppetool:	**Energiasüsteemide õppetool**
Õppetooli juhataja:	**Heiki Tammoja**
Lõputöö esitamise tähtaeg:	**27.05.2015**

_____	_____	_____
Üliõpilane (allkiri)	Juhendaja (allkiri)	Õppetooli juhataja (allkiri

Teema põhjendus:

Antud teema on Eesti kontekstis väga laialdaselt levinud eriti viimastel aastatel, kus hakati suurendama kaabelvõrgu osakaalu. Kaabelvõrgu osakaalu suurenemise tulemusena tekivad maaühendusvoolud, mida on vaja piirata. Piiramiseks hakati paigaldama alajaamadesse kompenseerimisseadmeid ja maaühenduskaitseid. Teema valik on aktuaalne, kuna Tehnilise Järelevalve Ameti nõudmisel on vaja täita Elektrilevi OÜ-l elektriohutus eeskiri. Eeskirjas seisab nõue, et maaühendusvoolud peavad olema kompenseeritud 2018. aasta lõpuks alajaamades, kus on tehtud ettekirjutis. Sellest tulenevalt on soov rohkem uurida antud seadmeid ja tuua laialdane ülevaade Eestis sagedamini kasutatavatest kompenseerimis seadmetest. Samuti tuua reaalne näide, kuidas antud seadmed mõjutavad võrku ja mis on kompenseerimisseadmete põhimõte. Eelnevalt pole Eestis antud seadmete kohta eraldi uurimistööd tehtud ja nii annab see võimaluse mulle reaalselt näidata projekti (Tõrva) baasil, kuidas näeb välja alajaam, kuhu on paigaldatud maaühenduskaitsed ja kompenseerimisseadmed. Minu panus antud töösse on: vajalike seadmete valik renoveeritavasse alajaama, uue juhtimisruumi projekteerimine ja renoveeritava alajaama sidumine olemasolevate keskpinge- ja madalpingeseadmetega.

Töö eesmärk:

Eesmärgiks on uurida maaühenduskaitsete ja kompenseerimisseadmete paigaldust elektrivõrku ja projekteerida Tõrva 110/15 kV alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete projekt.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- Võrgu seisund antud piirkonnas.
- Millest lähtuda maaühenduskaitse- ja kompenseerimisseadmete valikul alajaama.
- Kasutatavate maaühenduskaitsete ja kompenseerimisseadmete tutvustus.
- Maaühenduskaitsete ja kompenseerimisseadmete paigaldamine Tõrva alajaama.
- Mis muutus võrgus antud seadmete paigaldamise tagajärjel.

Lähteandmed:

Seadmete tootekataloogid, Elektrilevi OÜ hankedokumendid ja juhendid, kirjandusallikad.

Eessõna

Lõputöö teema valikul lähtusin antud teema aktuaalsusest praeguses olukorras, kus kuni 2018 aastani paigaldab Elektrilevi OÜ enda alajaamadesse maaühenduskaitse- ja kompenseerimisseadmeid, seoses õhuliinide asendamisega kaabelliinidega. Samuti lähtusin enda arendamise seisukohast ja suuremast kokkupuutest antud alajaamade projektide koostamisest ELTECH SERVICE OÜ ettevõttes.

Avaldan tänu oma juhendajale Ülo Treufeldtile. Samuti suured tänud Eltech Service OÜ juhtkonnale ja Elektrilevi OÜ töötajatele Teet Ottan, Meelis Kodres, kes antud projektis nõu andsid.

Elukoht: Turu 7, 80033 Pärnu, Eesti
Töökoht: ELTECH SERVICE OÜ, elektriinsener/ projekteerija.
Mail: kostja.voznjuk99@gmail.com
Tel: +37258126536

Sissejuhatus

Põhiliseks elektrivõrguettevõtte kohustuseks on kindlustada tarbijate töökindel elektrivarustus. Töökindluseks võib pidada üheks olulisemaks eesmärgiks nii võrgu arendamise, projekteerimise ja planeerimisel. Paljudes keskpingevõrkudes on riketeks mööduvad kaarlahendused. Paljud neist kõrvaldatakse edukalt kiirtaaslülituse abil. Kliendid nõuavad üha rohkem kvaliteetset elektrivarustust nii tööstus-, kommerts-, kommunaal- ja kodutarbimise alal. Mida vähem on katkestusi seda rahulolevam on klient. Kuna paljudele klientidele on ka lühikesed katkestused seotud suurte kuludega, siis nende piiramine ja eemaldamine ilma toitekatkestuseta on väga kliendi sõbralik. Statistika kohaselt on klientide toitekatkestused mõjutatavad kõige rohkem jaotusvõrkudes. Mida rohkem investeerida jaotusvõrkudesse, seda töökindlamaks muutub ka elektrivõrk, mille tulemusena kliendi elektrivarustuse kvaliteet tõuseb.

Suurimaks rikete allikaks jaotusvõrkudes on õhuliinid, sest nad on mõjutatavad kõige rohkem välitingimuste poolt. Selle piiramiseks on hakanud ka Elektrilevi OÜ viima õhuliine maakaablisse. Tulemuseks tekib uus olukord, kus suur osa õhuliine asendatakse pikkade maakaablitega. Pikkade maakaablitega tekib uus olukord, kus võrgu käitumine on erinev õhuliinide võrgust. Maakaabli pikkuste suurenemisega jaotusvõrgus, muutub mahtuvuslike maaühendusvoolude suurus märgatavalt. Mahtuvusliku maaühendusvoolude suurenemisega tekib olukord, kus tuleb maaühendusvoolusid vähendada, kas kompenseerimise teel või kiire väljalülitamise teel.

Maapiirkondades pikkade fiidritega kaabelvõrkudes tekib maaühenduskohas ka arvestatav voolu aktiivkomponent, mida kompenseerida on võimatu. Selleks, et seda vähendada on võimalus ulatuslikes kaablivõrkudes lisaks tsentraalsele kompenseerimisele kasutada ka hajutatud kompenseerimist.

Oluline on tuvastada ja lahutada püsivad maarikked, sest paljud õhuliinide maaühendused on ajutised maarikked, mida on suhteliselt võimatu lahutada, kuna kaar sütib ja kustub iseenesest. Suure maaühenduse korral tekkiv vilkuv kaar, mis pinge taastumisel süttib, sellest tulenevalt on vaja hoida maaühendusvoolu piisavalt madalal, kindlustada kaarmaarikke korral kaare isekustumist ja selle taas süttimist.

Sellest tulenevalt on Elektrilevil koostatud maaühendusvoolude programm, kus suurimateks investeerimis aastateks on 2012-2016. Programmi eesmärkideks on:

- Tehnilise Järelevalve Ameti ettekirjutise täitmine;

- Ohutuse tagamine;
- Maaühendusvoolude nõuetekohasuse tagamine 2018. aasta lõpuks kompenseerimisseadmete paigaldamisega;
- Maaühendusvoolude nõuetekohasuse jätkuv tagamine peale 2018. aastat.

Elektrilevi OÜ-l on programmi koostamiseks ja elluviimiseks järgmised põhimõtted:

- Objektid valitakse mõõtmistulemuste alusel;
- Maaühendusvoolude kompenseerimisseadmed paigaldatakse sinna, kus ei ole tagatud nõuetekohasus;
- Seadmed paigaldatakse kooskõlas Tehnilise Järelevalve Ametiga kokkulepitud alajaamadesse;
- Koostatud on investeeringute kava 2018. aasta lõpuni, peale seda toimub kompenseerimine vajadusel;
- Maaühendusvoolude kompenseerimisseadmed paigaldatakse ka piirkonna alajaamade rekonstrueerimise käigus;
- Elektrivõrgu ehitamise käigus tagatakse, et maaühendusvoolud on nõuetekohased.

Eelnevalt kirjutatud sissejuhatusest tuleb välja ka antud projektitöö põhimõte, kus projekti käigus on lahendatud maaühendusvoolude ja kompenseerimisseadmete vajalikus Tõrva piirkonda.

Käesoleva töö koosneb seitsmest peatükist. Esimeses peatükis antakse ülevaade maaühendusvooludest ja nende tekkimisest teoreetilisest kontekstist. Teises peatükis annan ülevaate maaühendus voolude kompenseerimis võimalustest teoreetilisest kontekstist. Kolmandas peatükis kirjutan Eestis sagedamini kasutatavast kaarepoolist. Selles peatükis on põhilistelt räägitud EGE kaarepooli ehitusest ja tööst. Neljandas peatükis kirjeldan Tõrva alajaama olukorda enne kaarepoolide paigaldust ja üldist alajaama seisukorda. Viiendas peatükis on seletatud maaühenduskaitsete põhimõtetest ja maaühenduskaitsete, kaarepooli kontrolleri valikust Tõrva alajaama. Kuuendas peatükis seletan lahti kuidas toimub kaarepoolide valik alajaama ja milline kaarepool sobib Tõrva alajaama. Seitsmes peatükk on puhtalt projekti lahendus, mis oli ka kõige keerulisem ja mahukam. Projektiga on lahendatud ka kogu uue juhtimishoone ehitamine, seadmete paigutamine ja sidumine olemasoleva 15kV jaotusseadmega. Lisadesse on toodud mõningad joonised, mis annavad piltliku ülevaate Tõrva alajaama juurde ehitusest. Kõiki jooniseid pole lisadesse toodud, sest palju informatsiooni on ettevõtte sisene materjal.

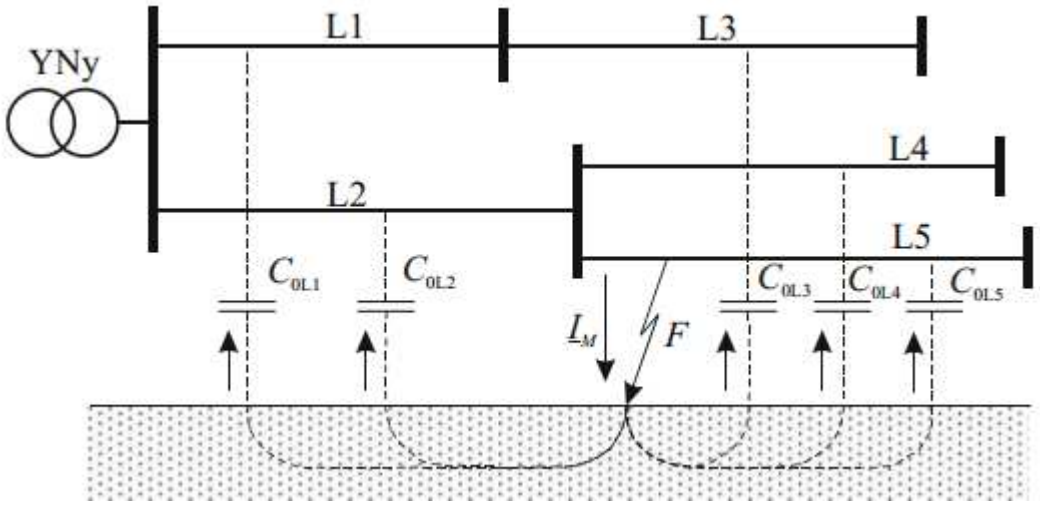
1. Maaühendusvoolud

Maaühenduseks nimetatakse ühefaasilist lühist isoleeritud, resonantsmaandatud või suure takistuse kaudu maandatud võrgus. [1]

1.1 Maaühendusvoolude kujunemine

Isoleeritud neutraaliga võrgus on selline võrk, milles trafode ja generaatorite neutraalid ei ole ühendatud maaga. Sellises võrgus sulgub maaühendusvool põhiliselt läbi liinide ja maavahelise mahtuvuse. Maaühendusvoolude suurus on eelkõige sõltub omavahel galvaaniliselt ühendatud liinide omadustest, pikkusest ja ka nimipingest. Maaühendusvoolude väärtused on tavaliselt vahemikus 1...4 A/km kohta. Mida suurem on liinide kogupikkus, seda suuremad on võrgu summaarne mahtuvus ja maaühendusvool, mis võib pikkade liinide korral küündida kuni mitmesaja amprini. Maaühendusvoolude tekkimise põhimõtet illustreerib Joonis 1.1, kus on näha, et maaühendusvool $\underline{I}_M$ kulgeb läbi võrgu ja maavahelise resulteeriva mahtuvuse ehk nulljärgnevusmahtuvuse $C_{0\Sigma}$. Antud Joonis 1.1 korral on nulljärgnevus mahtuvus arvutatav [1]

$C_{0\Sigma} = C_{0L1} + C_{0L2} + C_{0L3} + C_{0L4} + C_{0L5}$.



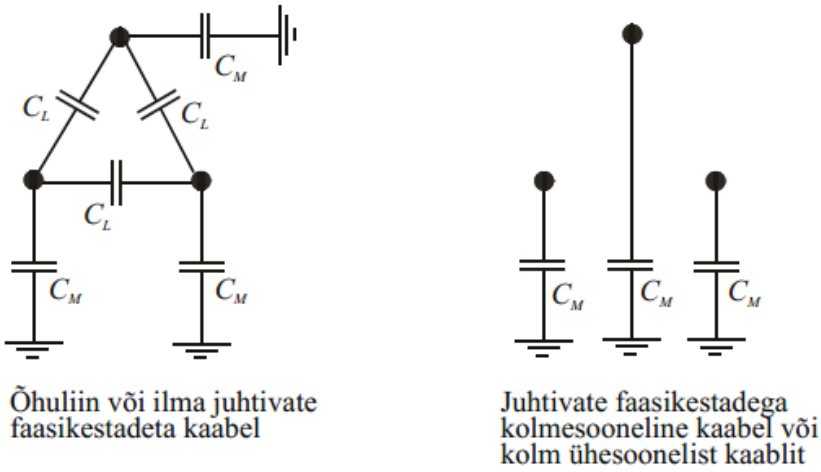
Joonis 1.1 Maaühendusvoolu tekkimine isoleeritud neutraaliga võrgus [1]

Maaühendusvoolu arvutamisel kasutatav liini nulljärgnevusmahtuvus C_0 ei ole alati sama liini pärijärnevusmahtuvusega C_1. Kui näiteks võtta õhuliine, mis on ilma faasikestadeta siis nende päri- ja nulljärgnevusmahtuvused C_1 ja C_0 on erinevad:

$C_1 = C_M + 3C_L$

$C_0 = C_M$

Faasikestadega ja ühefaasiliste kaablite päri- ja nulljärgnevusmahtuvused on ühesugused $C_0 = C_1 = C_M$. Järgnev Joonis 1.2 selgitab asjaolud. [1]



Joonis 1.2 Kaablite ja liinide mahtuvused (C_L- faasivaheline mahtuvus ja C_M faasi ja maa vaheline mahtuvus) [1]

Maaühendusvool $\underline{I}_M$ saab leida valemiga (1.1) [2]

$$I_M = \frac{\sqrt{3Un}}{-jX_{0C}} = j\sqrt{3}\,UnB_{0C} = j\sqrt{3}\,Un\omega C_0 \tag{1.1}$$

Liini ja maa vahelised mahtuvuslikud juhtivused B_{0C} leiab valemiga (1.2) ja takistused X_{0C} leiab valemiga (1.3), mis avalduvad mahtuvuse kaudu [2]

$$B_{0C} = \omega C_0 \tag{1.2}$$

$$X_{0C} = \frac{1}{\omega C_0} \tag{1.3}$$

Liinide nulljärgnevusmahtuvus C_0 (1.4) ja sellele vastavad juhtivus B_{0C} (1.5) ja takistus X_{0C} (1.6) avalduvad kilomeetriväärtuste ja liini pikkuse l kaudu valemitega [2]

$$C_0 = \mathrm{c}_0\, l \tag{1.4}$$

$$B_{0C} = \mathrm{b}_{0C}\, l \tag{1.5}$$

$$X_{0C} = \frac{x_{0C}}{l} \tag{1.6}$$

Maaühenduskaitsete paigaldamisel mängib eelkõige suurt rolli liinide kogupikkus, sest mida suuremad on võrgu summaarsed mahtuvused seda suurem on ka võrgu maaühendusvool.

Suured maaühendusvoolud põhjustavad aga rikkekohas vilkuvaid elektrikaari, mis omakorda tekitab ohtlike liigpingeid. Elektrikaare vältimiseks on isoleeritud neutraaliga võrkudes lubatud ühendusvoolud piiratud järgmiste väärtustega [1, 2]

6 kV võrgus – 30A

10 kV võrgus – 20A

20 kV võrgus – 15A

35 kV võrgus – 10A

Orienteerudes ülalt toodud enim lubatavatest vooludest ja teades, et mida pikem on liin seda suurem on ka tema mahtuvus, siis saab arvutada isoleeritud neutraaliga võrgu suurimad kaablite pikkused, juhul kui kasutuses on paberisolatsiooniga kaablid. Tabel 1.1 isoleeritud neutraaliga kaabelvõrgu suurimad pikkused paberisolatsiooniga kaablite puhul.

Tabel 1.1 Isoleeritud neutraaliga kaabelvõrgu suurimad pikkused paberisolatsiooniga kaablite korral kilomeetrites [1, 2]

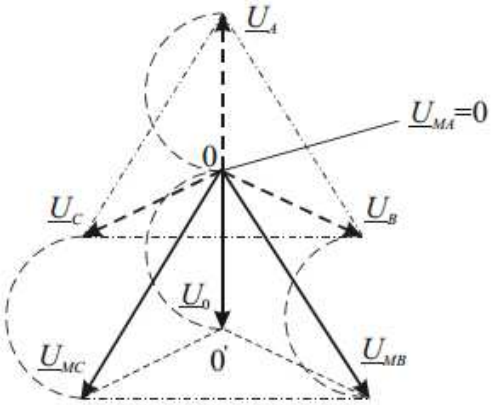
Faasijuhi ristlõike pindala mm^2	Võrgu nimipinge kV			
	6	10	20	35
50	51	26	6,0	-
95	36	20	4,8	2,4
120	33	18	4,4	2,2
185	25	14	3,7	1,9

Maaühendusvoole saab piirata näiteks kaarekustutuspooliga (Peterseni pooliga). Kaarekustutuspool ühendatakse üldjuhul maandustrafo neutraali ja maa vahele. Kaarekustutuspooli läbiv induktiivse iseloomuga vool kompenseeritakse maaühenduse mahtuvusliku vooluga, mille tagajärjel läbi maaühenduskohta kulgev koguvool väheneb ja elektrikaart tekkida ei saa. [1, 2]

Liinide mahtuvuse kõrval sõltub maaühendusvool ka vigastatud liini faasi ja maa vahelises üleminekutakistuse rikkekohast ehk rikketakistusest R_f . Rikkekoha takistus võib olla erineva suurusega ja on tavaliselt vahemikus $R_f = 0...\infty\ \Omega$. Kui rikketakistuse väärtus võrdub null väärtusega siis räägitakse jäikmaaühendusest. Kui aga rike puudub siis on rikketakistus lõpmata suurus. Samuti võib rääkida ka vahepealsetest väärtustest, kuid siis on nende tekitajateks näiteks õhuliinidele langenud puud, maapinnaga kokkupuutel olev elektriliin või faasi ja faasi vaheline elektrikaar. Rikketakistuse esinemise korral on võimalik arvutada maaühendus vool valemiga (1.7) [1, 2]

$$I_M = \frac{\sqrt{3Un}}{3R_f - jX_{0C}} \tag{1.7}$$

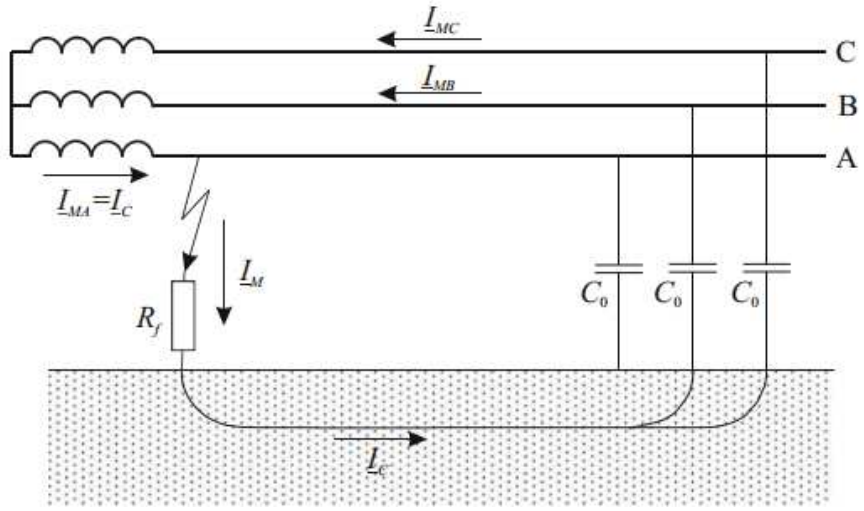
Maaühenduse eksisteerimisel on tähtis neutraali pingenihe. Tavaolukorras ehk normaaltöö ajal on neutraali pinge null $U_N = 0$, kuid kui esineb jäik maaühendus siis muutub nulliks mitte neutraali pinge vaid faasi pinge. See aga toob esine lähtuse, kus ülejäänud kahe faasi pinged suurenevad $\sqrt{3}$ korda. Selles olukorras neutraalipinge saab võrdseks nulljärgnevus pingega $U_N = U_0$. Jäiga maaühenduse korral muutuvad faasis näiteks L1 normaalpinged $\underline{U}_A$, $\underline{U}_B$, $\underline{U}_C$, rikkepingeteks $\underline{U}_{MA}$, $\underline{U}_{MB}$, $\underline{U}_{MC}$. Selles olukorras nihkub ka neutraali pinge nulljärgnevuspinge U_0 võrra punktist 0 punkti 0`. Kui üleminekutakistus muutub näiteks lõpmatusest nulliks, siis liiguvad pingevektorite otsad mööda punktiiris kujutatud kaarjooni. Eelnevalt seletatud teooriat aitab mõista järgnev Joonis 1.3. [1]



Joonis 1.3 Pingete sõltuvus maaühenduse rikketalitlusest [1]

1.2 Maaühendusvoolude kujunemine isoleeritud neutraaliga võrgus

Isoleeritud neutraaliga töötavad sagedamini õhuliinidest koosnevad, lühemad jaotusvõrgud ja elektrijaamade omatarbevõrgud. Maaühendusvoolude liikumist isoleeritud neutraaliga võrgus illustreerib Joonis 1.4. Nagu jooniselt on näha rikkekohas voolav maaühendusvool I_M sulgub läbi trafo mähiste ja tervete faaside. Purunenud faas on rikkekohas maandatud ja tema pinge on null või minimaalne. Selle tõttu ei liigu maaühendusvool riknenud faasis, faasi mahtuvuse kaudu. Ülejäänud kahe faasi B ja C rikkevool I_{MB} ja I_{MC} liituvad trafo mähises faasi A rikkevooluks $I_{MA} = I_M = I_C$. Tegelikult on liinijuhtmete mahtuvused jaotunud ühtlaselt kogu liini ulatuses.



Joonis 1.4 Maaühendusvoolu kulgemine isoleeritud neutraaliga võrgus [1]

Selle tulemusena on rikkevool liini kõige kaugemas punktis 0, kuid mida lähemale see jõuab trafole seda suuremaks see ühtlaselt kasvab väärtusteni I_{MB} ja $I_{MC.}$ Kui maaühendus on jäik siis $R_f = 0$ ja rikkekoha maaühendusvool on arvutatav valemiga (1.8) [1]

$$I_M = \sqrt{3}\, UnB_0 = \sqrt{3}\, Un\omega C_0 \tag{1.8}$$

Kui maaühenduse korral esinev rikketakistus on nullist suurem $R_f > 0$, siis rikkekohas avalduv maaühendusvool on arvutatav valemiga (1.9) [1]

$$I_M = \frac{\sqrt{3}\,\omega C_0}{\sqrt{1 + (3\omega C_0 R_f)^2}} Un \tag{1.9}$$

kus,

$\omega = 2\pi f$-nurksagedus, sagedusel 50 Hz ω=314

C_0- võrgu resulteeriv nulljärgnevusmahtuvus

B_0- võrgu resulteeriv mahtuvuslik nulljärgnevusjuhtivus

U_n- võrgu nimipinge

Mõningates kaablite kataloogides on toodud ka maaühendusvoolude väärtused kilomeetri kohta A/km. Kui meil on teada kaablite pikkus siis võime kogu kaabli maaühendusvoolu leida valemiga (1.10) [1]

$$I_M = I_M\, l \tag{1.10}$$

kus, l – liinipikkus.

Järgnevas Tabel 1.2 on toodud mõningaid väärtusi maaühendusvoolude kilomeetriväärtuste kohta.

Tabel 1.2 Keskpingekaablite maaühendusvoolude kilomeetriväärtused (A/km) [1, 2]

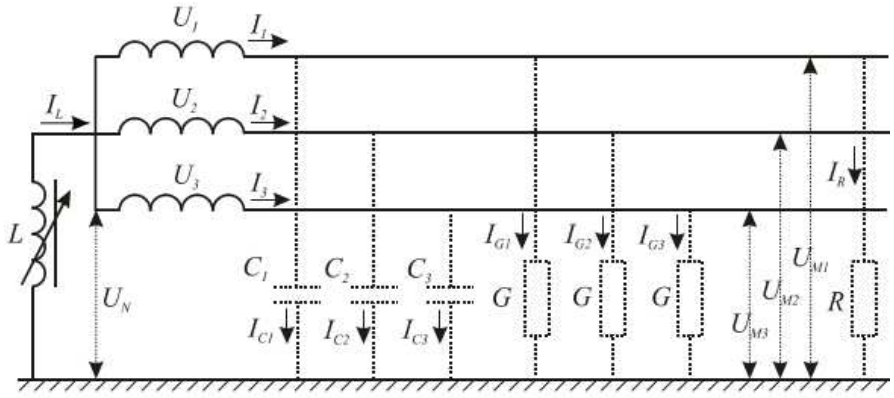
Ristlõike pindala	10 kV			15 kV	20 kV	
	Ühiskestaga	Faasikestadega				
	Paber	Paber	PE	PE	Paber	PE
25	0,63	1,25	0,98		2,1	1,55
35	0,76	1,40	1,10		2,3	1,65
50	0,85	1,65	1,25	1,6	2,5	1,85
70	0,97	1,90	1,35	1,7	2,8	1,95
95	1,10	2,25	1,55	2,0	3,2	2,2
120	1,15	2,45	1,65	2,2	3,5	2,3
150	1,25	2,7	1,75	2,4	3,7	2,5
185	1,35	3,0	1,90	2,5	4,0	2,6
240	1,45	3,2	2,20	2,9	4,5	2,85
300	1,50	3,4	2,35	3,1	4,9	3,05

1.3 Maaühendusvoolu kujunemine resonantsmaandatud võrgus

Elektrivõrgu laienemisel, seoses kaablivõrgu suurenemisega, muutuvad ka mahtuvuslikud maaühendusvoolud suureks. Et maaühendusvoole piirata kasutatakse kaarekustutuspoole ja need ühendatakse neutraali ja maa vahele. Joonis 1.5 illustreerib resonantsmaandatud elektrivõrgu põhimõtet. Sellises võrgus on normaaltalitluse korral neutraali pinge maa suhtes null ning poolis voolu ei ole. Kui aga tekib ühefaasiline maaühendus, siis tekib nullpunkti ning maa vahel pinge, mis on võrdeline faasipingega. See pinge kutsub esile maaühendusvoolu induktiivse iseloomuga komponendi I_L, mis suures osas kompenseerib maaühendusvoolu mahtuvusliku komponendi I_C, ning rikkekohas tekkiv vool on $\underline{I} = \underline{I}_L + \underline{I}_C \approx 0$. Selle tulemusena muutub maaühendus resonantsmaandatud võrgus ohutuks, ning enam ei ole tarvis kiiresti välja lülitada parasjagu rikkis olevat liini. Kuna maaühendus võib esineda igas võrgu osas, mille tulemusena muutub mahtuvus C, siis selle tulemusena on vaja reguleerida kaarekustutuspooli kas käsitsi või automaatselt, et muuta induktiivsus L.

Statistika on näidanud, et ligikaudu 70...90% liiniriketest on ühefaasilised lühised, mis tekivad äikeseliigpingetest või muudest lühiajaliselt tekkinud riketest. Kui võrguks on paljasjuhe, siis on peamised lühise tekitajad seal kukkunud puud. Ühtlasi taastub ka elektrivõrgu normaaltalitlus. Enam ei ole vajalik välja lülitada lühist võimsuslülitiga, mis aga annab tarbijale pideva elektrivarustuse. Kui lühis on pikaajalisem ja püsib kaua võrgus, ka siis võib normaaltöö jätkuda juhul kui lühis likvideeritakse.

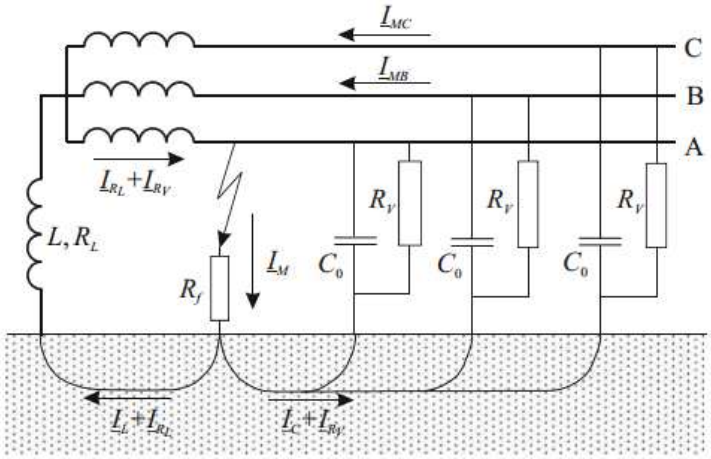
Lõpuks võib rääkida elektrivõrgu maaühenduse korral mõistetest nagu maalühisvool, maaühendusvool ja rikkevool. Maalühis on iseloomult isolatsioonirike ja esineb jäikmaanduse korral. Ülejäänud juhtumid on maaühendusvoolud. Neutraali maandusviis ei mõjuta kuidagi kolmefaasilise võrgu sümmeetrilist talitlust ega ka talitluse rehkendust, sest kolme faasi voolude summa neutraalis on sümmeetrilisel talitlusel null. [1, 2]



Joonis 1.5 Resonants maandatud neutraaliga elektrivõrk [1]

Maaühendus kompenseeritud võrgus

Resonantsmaandatud võrgus toimub maavoolude kompenseerimine võrgu neutraali ja maa vahel kaarekustutuspooliga ehk Peterseni pooli induktiivse vooluga. Järgnev Joonis 1.6 iseloomustab maaühendusvoolude kujunemist ja kulgemist resonantmaandatud võrgus. [1, 2]



Joonis 1.6 Maaühendusvoolu kujunemine resonantsmaandatud võrgus [2]

Kui võrgus on parasjagu normaaltalitus siis neutraali pinge maa suhtes on null ning poolist ei jookse läbi voolu. Kui tekib aga maaühendus, siis tekib nullpunkti ja maa vahele pinge, mis jäikmaanduse korral on sama, mis faasipinge.

See pinge mõjutab Peterseni pooli, mille tagajärjel tekib induktiivne vool I_L, mis hakkab kompenseerima maaühendusvoolu mahtuvuslikku komponenti I_C. Täielikku kompenseeritud võrku iseloomustab vaid väike aktiivvool ehk jääkvool, mis tekib kaarepooli reaktori ja võrgu kaovooludest $I_M = I_{RL} + I_{RV}$. Faasid mis on terved, nendes voolab toitetrafo kaudu maaühenduskohta mahtuvusliku iseloomuga vool $I_{MC} + I_{MB} = I_C + I_{RV}$, kaarepoolis voolab aga induktiivse iseloomuga vool $I_L + I_{RL.}$ Resonantsmaandatud võrgus on võimalik leida maaühendusvoolu ja see avaldub järgneva valemi (1.11) järgi [2]

$$I_M = \frac{\sqrt{1 + R_0(3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L})^2}}{\sqrt{(R_F + R_0)^2 + R_F^2 R_0^2 (3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L})^2}} \cdot \frac{Un}{\sqrt{3}} \tag{1.11}$$

kus,

$\omega = 2\pi f$-nurksagedus, sagedusel 50 Hz ω=314;

C_0- rikkekohaga galvaaniliselt seotud liinide ja maa vaheline summaarne mahtuvus;

L- kaarekustutuspooli induktiivsus;

R_0- kaarekustutuspooli ja võrgu kaovooludele vastav resulteeriv nulljärgnevus aktiivtakistus;

R_F- rikkekoha üleminekutakistus;

U_n- võrgu nimipinge;

Nihkepinge e neutraali pingenihe arvutatakse järgneva valemiga (1.12) [2]

$$U_N = \frac{I_M}{\sqrt{(\frac{1}{R_0})^2 + (3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L})^2}} \tag{1.12}$$

Kui võrk on aga täielikult kompenseeritud siis [2]

$$3\omega C_0 - \frac{1}{\omega L} = 0$$

ja selle tulemusena kulgeb läbi riknenud koha vaid väike aktiivvool ehk [2]

$$I_M = I_{RL} + I_{RV} = \frac{Un}{\sqrt{3}(R_F + R_0)}$$

ja neutraali pingenihe on leitav järelikult valemi (1.13) järgi [2]

$$U_N = R_0 I_M \tag{1.13}$$

2. Maaühendusvoolude kompenseerimine

2.1 Peterseni pooli iseloomustus

Eelnevalt sai mainitud, et kompenseeritud võrgus kompenseeritakse maaühendusvoolusid võrgu neutraali ja maa vahel kaarekustutuspooliga. Peterseni poolide tunnusjooned: [2]

- kaarekustutuspoolid on tavaliselt õlitäitega ja loomuliku ventilatsiooniga(jahutusega).
- kaarepoole on võimalik paigaldada nii sise- kui ka välitingimustesse.
- kaarekustutuspool ja maandustrafo võivad paikneda ühes kestas, nagu kombiseade.
- kaarekustutuspool peab olema lineaarne.
- kaarekustutuspoolid võivad olla varustatud nii abimähisega või/ ja sekundaarmähisega, mis on ettenähtud koormustakisti ühendamiseks.
- kuna keskpingevõrgus tuleb liinide ümberlülitamisi teha palju, siis muutub ka võrgu kogumahtuvus, selle tulemusena peab kaarepool muutma oma induktiivsust.

Kaarekustutuspoolide induktiivsuse reguleerimise seisukohalt eristatakse mitu tüüpi poole: [2]

- muutumatu induktiivsusega poolid
- muutuva induktiivsusega poolid

Muutuva induktiivsusega poole saab omakorda jagada veel: [2]

- astmelülitiga poolid
- sukelsüdamik poolid

Muutuva induktiivsusega poolid on tavaliselt nii käsi- kui ka automaatjuhtimisega.

2.2 Peterseni pooli ühendamisvõimalused

Peterseni poole saab ühendada võrku järgmiselt [2]

- trafo tähtühenduses keskpinge mähise neutraalpunkti vahel
- alajaama neutraallati ja maa vahel
- kui alajaamas puudub neutraalpunkt või neutraallatt, siis tekitatakse neutraalpunkt maandustrafoga ning Peterseni pool ühendatakse maandustrafo neutraali ja maa vahele. Maandustrafod on üldjuhul siksakmähisega ja kolmefaasilised.

Hajutatud ja konsentreeritud kompenseerimine

Kompenseerimisi võib olla kaks [2]

- Konsentreeritud
- Hajutatud

Konsentreeritud tähendab seda, et kompenseerimine toimub toitetrafo juurde lülitatud kaarekustutuspooliga, et saada teada kaarepooli suurus on vaja teada kogu galvaaniliselt ühendatud võrgu summaarset nulljärgnevusmahtuvust.

Hajutatud kompenseerimise olukorras [2]

- paigaldatakse kaarepoolid keskpinge võrku mitmesse eri kohta tähendab seda, näiteks kõikidele liinidele või keskpingevõrgu ümberlülitavatele osadele, selleks kasutatakse näiteks maandustrafosid.
- tekkivad mahtuvuslikud voolud kompenseeritakse nende tekkimise kohas
- on liinide või võrguosade ümberlülitamise osas pailju paindlikum
- poole valitakse kompenseeritavate liinide või võrguosade mahtuvuse järgi
- on palju kallim kui konsentreeritud kompenseerimine, sest seadmeid on rohkem ja nende eest hoolitsemine ja jälgimine on palju keerukam.

Kompenseerimisastme valimine

Kompenseerimistaset tavaliselt iseloomustab kompenseerimisaste, mida saab leida järgneva valemi (2.1) järgi [1, 2]

$$K = \frac{I_L}{I_C} \tag{2.1}$$

kus,

I_C- vaadeldava võrgu mahtuvuslik ühendusvool

I_L- jäikmaaühenduse korral tekkiv induktiivne vool Peterseni poolis

Kompenseerimisastme *K*, väärtusteks võivad olla näiteks [2, 1]

K= 1, või on selle lähedal, tegemist on täielikult kompenseeritud võrguga.

K> 1, võrk on ülekompenseeritud

K< 1, võrk on alakompenseeritud.

Tavaliselt jäävad *K* väärtused (*K*= 1,05...1,1) vahele.

Kaarekustutuspooli induktiivsuse *L* leidmine toimub järgneva valemi (2.2) järgi: [2, 1]

$$L = \frac{1}{3\omega^2 C_0 K} \tag{2.2}$$

kus,

C_0- vaadeldava võrgu liinide kogumahtuvus maa suhtes

$\omega = 2\pi f \cong 314$

Pooli reaktiivvõimsus $Q_L$on leitav induktiivse voolu alusel või induktiivsuse järgi.

Induktiivse voolu alusel saab reaktiivvõimsuse leida järgneva valemi (2.3) järgi [2, 1]

$$Q_L = \frac{Un}{\sqrt{3}} I_L \tag{2.3}$$

kus,

$$I_L = K I_C$$

Induktiivsuse kaudu leiab reaktiivvõimsuse poolil järgneva valemi (2.4) järgi [2]

$$Q_L = \frac{U_n^2}{3\omega L} \tag{2.4}$$

3. Kompenseerimisseadmed

Kaarekustutus poole (Peterseni poole) valmistavad mitmed ettevõtted. Eestis kõige enam kasutatakse

- Trench
- EGE
- Swedish Neutral AB

Kõikide eelnevalt nimetatud ettevõtete poolt toodetavad kaarepoolid on enam vähen ühe ja sama põhimõttega, kuid igal ettevõtte on omad väiksed erinevused ühendamisel. Antud töö raames on kasutatud Tsehhi firma EGE poolt kaarekustutuspoolid. EGE seadmeid Eestis müüb ja tarnib Energel Estonia OÜ.

3.1 EGE kaarepoolide tutvustus

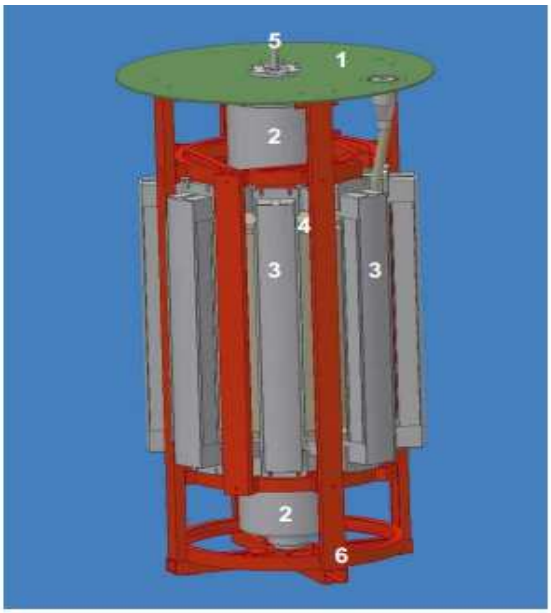
Tsehhi firma EGE kaarepoolid on koostatud ja testitud rahvusvahelise standardi IEC 289 järgi. EGE kaarepoolid koosnevad erinevatest tüüp komponentidest: [3]

- aktiivsed osad: mähised, magneetimisahel ja voolu trafo
- mootori ajami juhtimis kapp
- pea paak koosneb omakorda
    - radiaatorid (pideva töö jätkamiseks)
    - klapid õli prooviks või täiteks
    - telikust
- kattest kuhu on paigutatud kaarepooli käigukast ja mootor
- läbiviigud
- paisupaagist (kui on nõutud)
- õhu sissetõmbe süsteemist
- seisundi jälgimiseks on paigaldatud (termomeeter, õli taseme indikaator ja rõhu indikaator)
- trafo õlist

Järgneval Joonis 3.1 on toodud mõningad näited EGE kaarepoolidest

Joonis 3.1 EGE tüüpilised kaarepoolid [3]

Kaarepooli aktiivsed osad koosnevad mähistest, magneetimis ahelast ja raamist. Aktiivne osa asetseb paagis, mis on täidetud trafo õliga ja kinnitatud kaarepooli kaane külge. Aktiivne osa on nii öelda kaarepooli „süda“, mis tagab õige kaarepooli töö. Joonis 3.2 on kujutatud aktiivse osa joonis. [3]



1- kate
2- südamik
3- ikked
4- põhi mähis
5- peamine kruvivõll
6- raam

Joonis 3.2 EGE kaarepooli aktiivne osa [3]

Magneetimisahel

Siia kuuluvad järgmised osad: [3]

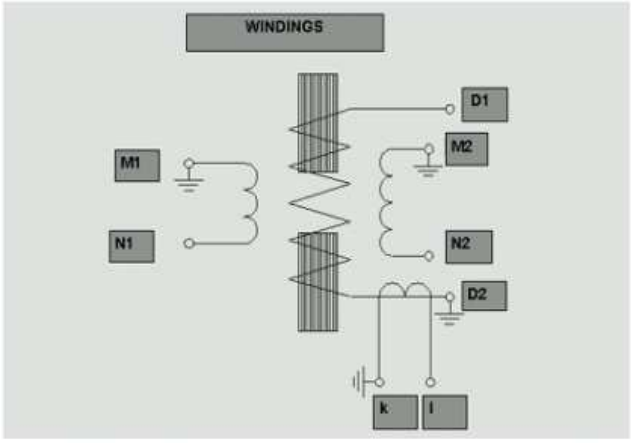
- fikseeritud ikked, mis on valmistatud isoleeritud metall lehtedest
- liigutatav südamik, mis on silindrilise kujuga ja valmistatud isoleeritud metall lehtedest

Mähised

EGE kaarepool on standartselt varustatud kolme mähisega Joonis 3.3. [3]

- Põhi mähise ehitus põhineb
  - nimipingest
  - nimivõimsusest
  - toimimise tüübist
- Mõõte mähis
  - kasutatakse kaarepooli automaatika jaoks, see võimaldab anda kaarepoolile informatsiooni U_0 pinge kohta
  - on standartselt diminsioneeritud 100V ja 3A peale
- Võimsuse mähis
  - standartselt kasutatakse takisti sisse lülitamiseks kindlaks ajaks, et suurendada rikkevoolu watt komponenti
  - on standartselt diminsioneeritud 500V, 10% nimivõimsusest ja 90 sekundile

Kõik EGE kaarepooli mähised on valmistatud vasest.



D1, D2 - põhimähis /nimipinge/
M1, N1 - mõõte mähis / 100 V +/ - 10%, 3A/
M2,N2 - võimsus mähis / 500 V +/- 10%/
k, l - voolutrafo

Joonis 3.3 EGE kaarepooli mähised [3]

Voolutrafo võimaldab mõõta voolu, mis läbib kaarepooli. Voolutrafo on paigaldatud põhimähise lõppu kõige alumisse otsa ja on kinnitatud põhimähise läbiviigu külge. Voolutrafo läbiviigud on tavaliselt markeeritud *k* ja *l*. Standartsed voolutrafo parameetrid EGE kaarepoolides on [3]

- maksimaalne vool 5 A või 1A
- klass 1
- 30 VA (volt amprit)

Astmeteta reguleerimine tähendab täpset voolu reguleerimist kaarepoolis. Seda võimaldavad aktiivosa liikuvad osad milleks on [3]

- liikuvad mähised
- peamine kruvivõll
- mootor (mis ei kuulu aktiivosasse)

Mootori pöördemoment kandub peamisele kruvivõllile. Põhivõlli pööramisel liiguvad kaks mähist, kas üksteisest eemale või üksteise poole. See põhjustab pideva muutuse kaarepooli magnetahelas, mille tulemusena tekib sujuv astmeteta kaarepooli impendantsi muutumine. [3]

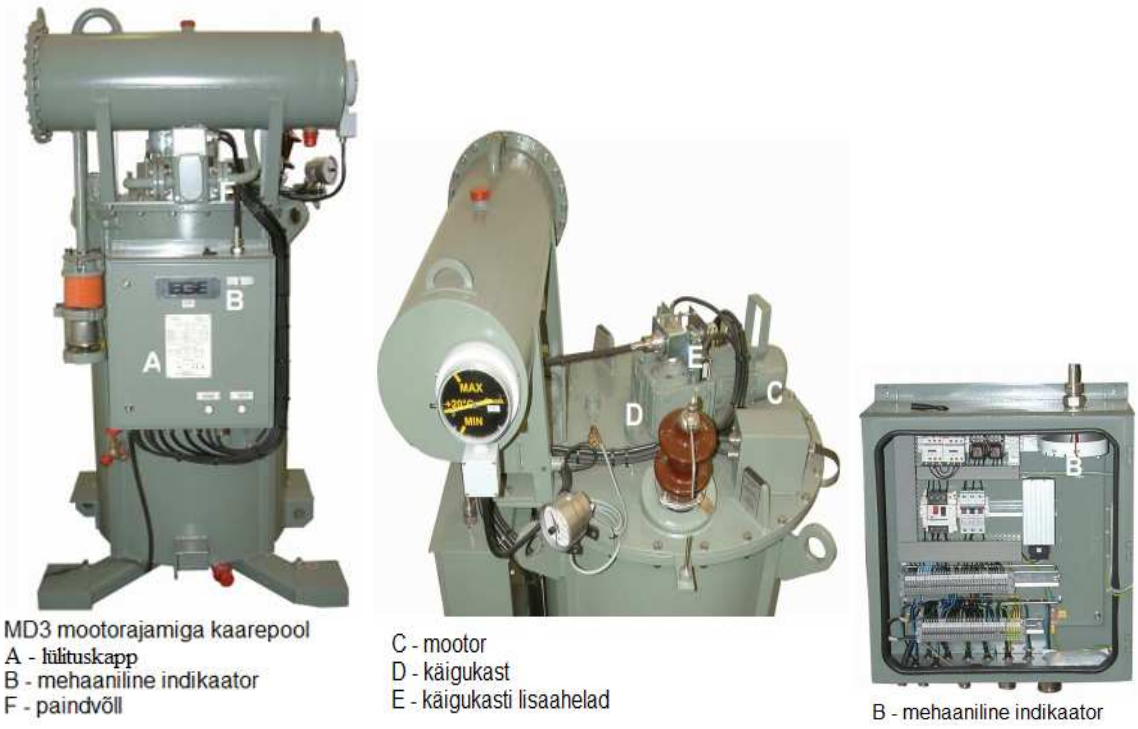
Mootorajam on varustatud MD3 ajamiga, mis koosneb vaata Joonis 3.4. [3]

- lülituskapp (kus on ehitatud juhtimisahelad)
- mehaanilisest indikaatorist
- mootorist
- käigukastist

MD3 mootor ajam valmistatakse EGE tootja poolt, mis võimaldab seda seadistada selliselt nagu klient soovib. [3]

Mootorajami asetsus kaarepoolil (Joonis 3.4**)**

Mootori pöördemoment edastatakse läbi käigukasti (D), peamisele kruvivõllile. Mootor (C) on kinnitatud käigukastile. Käigukast on kinnitatud kaarepooli ülemise katte külge. Käigukasti lisaahelad (E) on kinnitatud käigukastipeale ja on ühendatud paindvõlliga (F), mis on varustatud mehaanilise indikaatoriga (B). Mehaaniline indikaator asetseb lülitus kapis, mille skaala on kalibreeritud amprites. [3]



Joonis 3.4 EGE MD3 ajamiga kaarepool [3]

Lülituskapp asetseb kaarepooli ees. Lülitus kapi koosseisu kuulub vaata Joonis 3.5.

Joonis 3.5 EGE kontrollkapp [3]

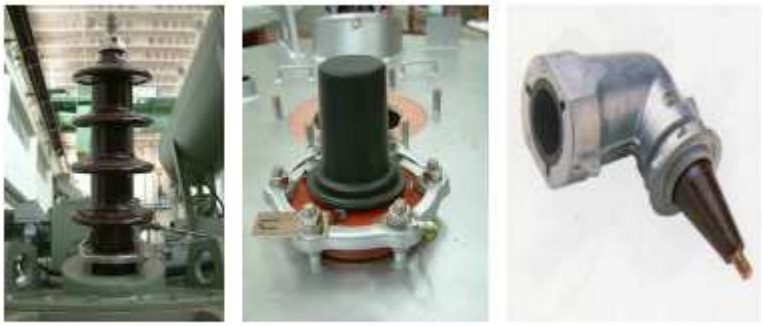
Mootori tehnilisi andmeid leiab Tabel 3.1.

Tabel 3.1 EGE mootori tehnilised andmed [3]

Motor	
Motor output	0,55 kW
Nominal power voltage	3x400V / 230Vca ±10%
Nominal power current	1.4A
Motor speed	1405 min-1
Main gear box:	
Type	Lenze GSS05-2MHAR 071C42
Moment at the gearbox outlet	Max. 400Nm
Auxiliary gear box:	
Type	Lenze SSN31-1M HAR

EGE kaarepooli kõrgepinge läbiviigud võivad olla kolme tüüpi Joonis 3.6. [3]

- portselanist DIN läbiviik
- Euromold läbiviik
- CONNEX läbiviik



Joonis 3.6 EGE kaarepooli läbiviigud [3]

Kõrgepinge läbiviigud valitakse vastavalt nimipingele ja isolatsiooni tasemele. [3]

Kaarepooli kere on ehitatud 4mm paksusest tihedast metall lehest ja põhi 8mm paksusest metall lehest. Sellise ehitusega kered on kompaktsed ja sobivad igasugusteks paigaldamisteks objektidel. Kaarepool on kaetud pealt kaanega, mis on kinnitatud kere külge poltidega. Samuti on kere varustatud tõstmis konksudega, mis võimaldavad kaarepooli ohutult käidelda ja liigutada objektil. Nagu eelnevalt sai mainitud paisupaak paigaldatakse vajadusel. Kuna trafoõli temperatuur muutub, selleks paigaldatakse paisupaak kaarepooli peale. [3]

4. Tõrva alajaama kirjeldus

Tõrva alajaama toidetakse kahe 110 kV sisendliini kaudu, milleks on Tsirguliina L145, Rõngu L146 ja Abja L085. Alajaamas on 110/15 kV pool kaks jõutrafot C1T ja C2T, mis mõlemad on 10 MVA võimsusega. Trafodega toidetakse 15 kV jaotusseadet. Jaotusseadme tüübiks on ABB AX1 keskpingeseade, mida praeguseks enam ei toodeta. Keskpingeseadme kambrid on on varustatud kaitsereleedega REF. 15 kV keskpingejaotusseade koosneb kahetestkümnest fiidrist. Enne uute seadmete paigaldamist paiknes alajaamas üks kaarepool võimsusega 728 kVAr, kompenseerimisvahemikuga 16-80A ja kaks maandustrafot 762 kVA. Kaarepool toideti läbi kahe fiidri milleks on 1526 ja 1525. Renoveerimise põhimõte seisnes selles, et aja möödudes lisandus juurde palju kaabelvõrku, mille tulemusena paigutatud kaarepool jäi väikseks ja töötas alakompensatsioonis. Vastavalt kehtivale põhimõttele, keskse maaühendusvoolu kompenseerimise ulatus piirkonnaalajaamast mööda väljuvaid tüvi- ja haruliine on 15 kV pingel 30 km tekitab olukorra, kus kuni 80 A maavoolu kompenseeriv kaarepool jääb väikseks ka sellisel juhul, kui oleks hangitud juurde teine samaväärne. Uute maandusomatarbetrafode paigaldamine koos nendelt alajaama omatarbe väljaehitamisega, võimaldas viia tööst välja olemasolevad omatarbetrafod, millega vabanesid võimsuslülititega omatarbekambrid, mida on sobilik edaspidid vajadusel kasutada uute liitujate ühendamiseks elektrivõrku. Tabel 4.1 leiab Tõrva alajaama kliimatingimused, millega tuli arvestada seadmete valikul ja hoone ehitamisel.

Tabel 4.1 Tõrva alajaama kliimatingimused [4]

Õhutemperatuurid	Minimaalne väljas	-40 ˚C
	Maksimaalne väljas	+40 ˚C
	Minimaalne ruumis	+5 ˚C
	Maksimaalne ruumis	+40 ˚C
	24 tunni keskväärtus ruumis<	+35 ˚C
Kõrgus merepinnast	Alla	1000m
Maksimaalne õhuniiskus	Väljas 48 tunni jooksul	100%
	Ruumis 24tunni keskväärtus	95%
Aasta keskmine õhurõhk		760mmHg
Sademed	Aasta sademete hulk	630 mm
Tuuled	Keskmine tuulekiirus	16,5 m/s
	Lühiajaline tuulekiirus	25 m/s
Jäätumine	Maksimaalne keskmine jäätumine	5 mm
	Maksimaalne jäätumine	15 mm
Lumi	Maksimaalne lumekiht	50 cm
	Lumise aja kestus	5 kuud

5. Maaühenduskaitse põhimõtted

Kaarepoolide paigaldamise eesmärk on hoida maaühendusvoolud rikkekohas alla 10 A. Kaarepoolis ja maandustrafos tekkivad aktiivkaod peavad selle eesmärgi täitmiseks olema võimalikult väikesed (nimivoolu juures ei tohi ulatuda 10 A lähedale). Kaarepooli reguleerimise mehaaniline täpsus (ajami mehaaniline loks või astme suurus) peab olema ≤ 2A.

Maaühendusi võrgus reeglina välja ei lülitata, seetõttu peavad kaarepoolid ja maandustrafod olema ette nähtud püsivaks tööks maaühendusega (vähemalt 8 h). Juhtimisautomaatika peab tagama kaarepooli asendi automaatse muutmise vastavalt võrgus toimuvatele muutustele. Võrgu resonantspunkti määramiseks sümmeetrilistes võrkudes (kus U0 on väga väike), peab kompenseerimissüsteem sisaldama seadet, mis võrgu neutraali nihkepinget muutes suudab arvutada võrgu mahtuvuslikku voolu (I0/U0 "current injector").

Maaühenduskaitsed peavad tagama nii püsivate kui katkevate (transient, intermittent) maaühenduste selektiivse avastamise (rikkega fiidri määramise). Maaühenduskaitsete jaoks on alajaamades ette nähtud 1 A sekundaarvooluga kaablivoolutrafod ja U0 mõõtmine sektsiooni pingetrafodelt (100 V).

Olemasolevate vattmeetriliste (cos φ) maaühenduskaitsete korrektseks töötamiseks peab igal kaarepoolil olema sekundaarmähisele lülitatav takisti maaühendusvoolu aktiivkomponendi suurendamiseks. Takisti võimsus ca 40 kW, tööaeg vähemalt 60 s (takisti lülitatakse sisse lühiajaliselt maaühenduse ajal, normaalselt on takisti väljas). Peab olema kaitse või blokeering mis tagab , et takistit ei lülitata sisse juhul kui ta on üle kuumenenud. Iga kompenseerimisseadme komplekt millesse kuuluvad maandustrafo, kaarepool, takisti, kontroller ja maaühenduskaitse peab olema iseseisvalt kasutatav. See tähendab, et kahe sektsiooniga alajaamas peab olema 2 täisfunktsionaalset seadet. Erandina, kui ei ole funktsionaalseid piiranguid, võivad ühises korpuses olla erinevate sektsioonide maaühenduskaitse lisamoodulid (s.t. ühendatavate fiidrite arvu suurendamiseks vajalikud täiendavad moodulid).

Kõigil kontrolleritel ja maaühenduskaitsetel peab olema andmeside võimalus nende ühendamiseks SCADA ja kaughaldussüsteemiga. Sellest tulenevalt paigaldatakse koos maaühendusvoolu kompenseerimisseadmetega selektiivsed suunatud maaühenduskaitse releed.

5.1 Maaühenduskaitse releed

Tõrva alajaama sai paigaldatud kaks maaühenduskaitse releed: [5]

- A-Eberle seade EORSys 100.0060.125.03 (12 Fiidrit)
- A-Eberle seade EORSys 100.0060.125.02 (8 Fiidrit)

Seadmega saab tutvuda Joonis 5.1 Maaühenduskaitse relee.

Maaühenduskaitse tootja: A.Eberle

Tüüp: EORSys

Töötamisalgoritmid: Transient/Harmonics/Wattmetric/Pulse

SCADA protokoll: IEC 60870-5-101/103, ST Opto

Toitepinge AC 85..110..264V/DC88..220..280V

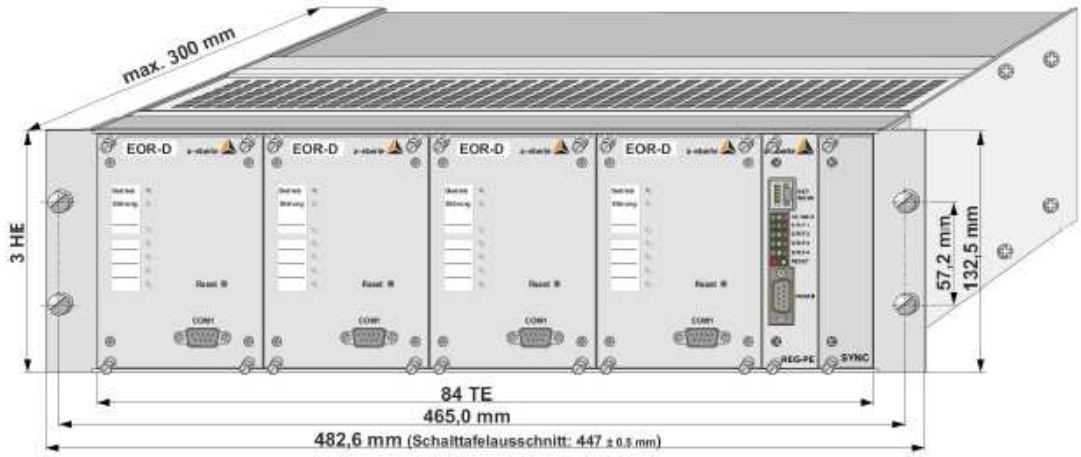
Tarkvara: WinEOR/ WebConfig

Sisendid: voolu sisendid nimivooluga/ tarbimine 1/5A, 0,5VA

Pinge sisendid: nimipinge 0,1...120V AC

Sünkroniseerimispinge: 230V

Binaarväljundite nimiandmed: AC250V,5A (cos 1.0), AC250V,3A (cos 0.4), DC220V,150W



Joonis 5.1 Maaühenduskaitse relee [5]

Maaühenduskaitse kontrollerid on sektsioonipõhised ehk mõlemale 15 kV sektsiooni kohta omaette kontroller koos moodulitega. Iga moodul võimaldab nelja fiidri mõõtmisi ja kontrollimist, sellest tulenevalt tuleb valida ka moodulite arv sektsiooni peale.

Esimesse sektsiooni paigaldasin kolme mooduliga maaühenduskaitse relee, sest ühte moodulit oli vaja reservi tulevasteks ühendamiseks. Maaühenduskaitse seadet on võimalik varustada maksimaalselt nelja mooduliga ja juhtida/kontrollida 16 fiidrit. Teise sektsiooni paigaldasin kahe mooduliga maaühenduskaitse relee, kus reserv ei olnud nõutud.

Kaitsed peavad võimaldama töötada signaalile ja fiidri väljalülitamisele, selleks oli vaja teostada fiidripõhine indikatsioon seadmele ning protokolliline režiim (signaalile/ väljalülitamisele) juhtimine ja signaaliedastus kauglugemisterminalist. Maakaitsest väljalülituste blokeerimiseks alajaamas paigaldasin seadmekapile kahepositsioonilise lüliti, millega oli võimalik blokeerida fiidrite väljalülitamist. Juhtvõti on tähistatud (distantselt/ signaalile), väljalülitusahela blokeerimiseks, kui juhtvõti on asendis „Signaalile“. Juhtvõtme asend „Distantselt“ tuli siduda kontrolleriga.

Kaitsetele vajalikud pinged sai võetud 15kV vastavalt sektsioonidest pingetrafo ahelatest. Maaühenduskaitse seadmed tuli siduda infoedastuseks optiliselt kauglugemisterminaliga protokollipõhiselt.

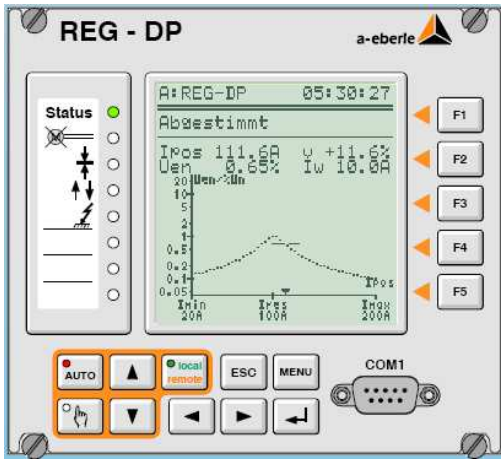
Suunatud maaühenduskaitse jaoks paigaldasin väljuvatele fiidritele uued välitingimustele vastavad avatavad kaablivoolutrafod ülekandesuhtega 100/1 . Trafod paigaldasin uutele tehtavatele konstruktsioonidele. Olemasolevad kaablitrafod jäävad alles olemasoleva süsteemiga seotuks.

Maaühenduskaitse seade pidi omama programmeeritava viitega lülitavaid väljundkontakte ahelate sidumiseks. Fiidri väljalülitusahela induktiivse poolikoormuse kommuteerimiseks paigaldasin sobivad vahereleed. Iga fiidri väljalülitus ahel on seotud vahereleega, mida lülitab maaühenduskaitse seade väljalülitamise hetkel. Maaühenduskaitsed on seotud kõikide vajalike asendikontaktidega, mille tulemusena on võimalik muuta maaühenduskaitsetel režiime, kus süsteem peab aru saama, kas ta on parasjagu kaarepooliga või kaarepoolita režiimis, seda võib nimetada ka kompenseeritud või isoleeritud neutraaliga režiimid.

5.2 Kaarepooli kontrollerid

Tõrva alajaama sai paigaldatud kaks kaarepooli, selle jaoks on vaja ka kaarepooli kontrollerid A-Eberle seade REG-DP, 112.4167 [6] kaks tükki. Kontrolleriga saab tutvuda Joonis 5.2. Kontroller peab tagama, et kaarepool oleks alati reguleeritud võrgu resonantspunkti lähedusse.

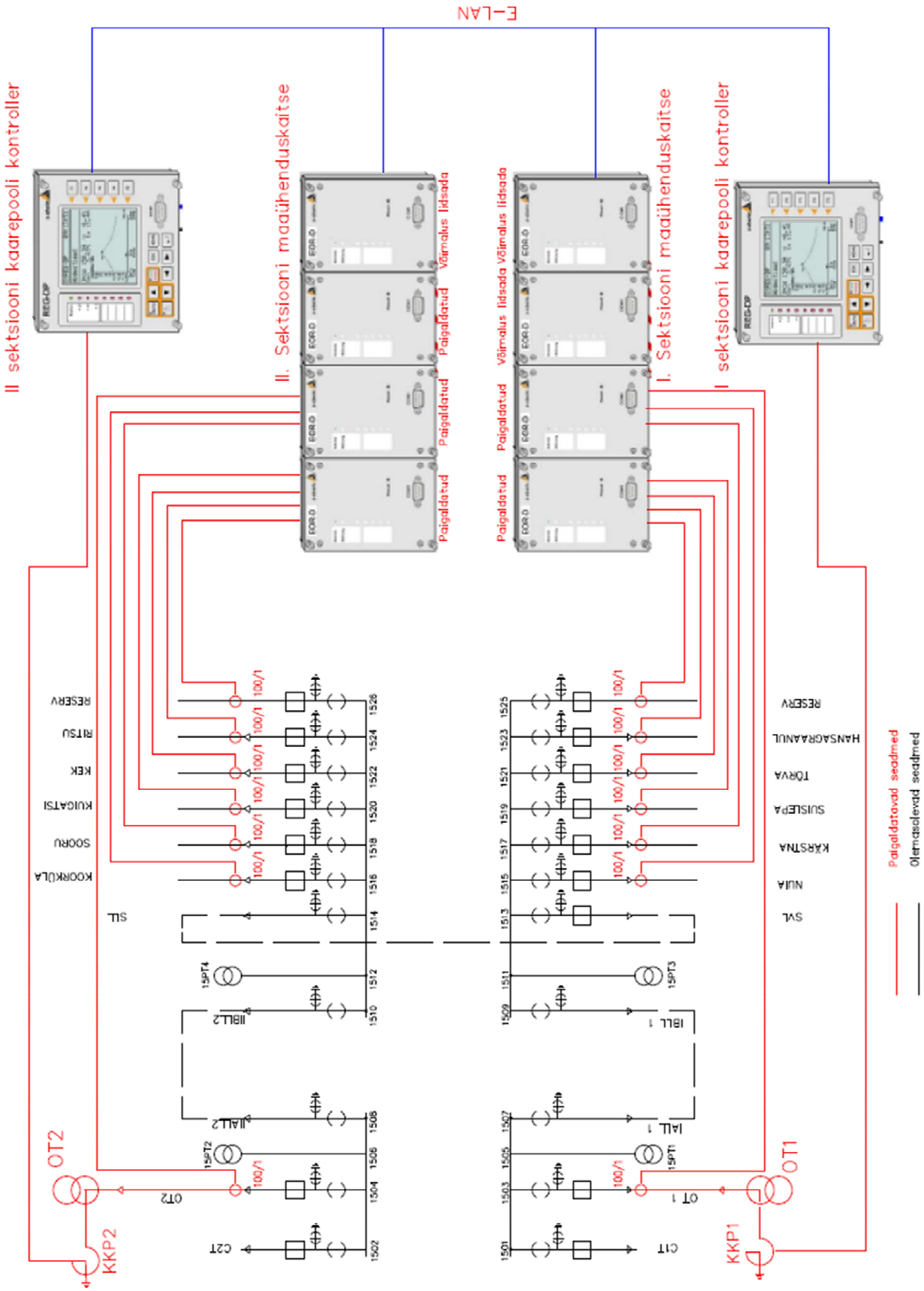
Normaalselt peab automaatika määrama võrgu resonantspunkti asukoha arvutuslikult (mõõtes current injectioni seadme mõju pingele) ja siis liigutama kaarepooli sättega määratud asendisse resonantspunkti suhtes.



Joonis 5.2 Kaarepooli kontroller [6]

Paralleeltöö

Kontrollerid võimaldavad pingeklassi paralleeltöö funktsiooni, mis tuli siduda ahelatega. Paralleeltöö funktsioon arvestab kõiki SVL ja SLL kõigi primaarseadmete (võimsuslüliti, lahklüliti) asendeid. Kuna primaarseadmetel oli suur puudus asendikontaktidest, siis paigaldasin kõikidesse vajaminevatesse kambritesse bistabiilsed vahereleed, millega sain paljundada kambri asendikontakte. Kaarepooli paralleeltöö funktsioon peab rakenduma automaatselt sektsioonide vahelise võimsuslüliti sisse lülitamisel ja lahtri vankri sees olekul. Paralleeltöö põhineb kontrolleritel master/ slave põhimõttel, kus esimese sektsiooni kontroller on master. Põhimõte seisneb selles, et ei tohi tekkida olukorda, kus võrgus toimuvate muudatuste korral reageeriks mitu kaarepooli. Kui tekib olukord, kus mõlemad sektsioonid on kaarepooliga ja sektsioonide vaheline lüliti on sees, siis määratud slave kontroller reguleerib ennast automaatselt ettenähtud väärtuseni ja edasi toimub reguleerimine master kaarepooliga. Maaühenduskaitse releede ja kaarepooli kontrollerite paigaldamise struktuurskeemiga saab tutvuda Joonis 5.3.

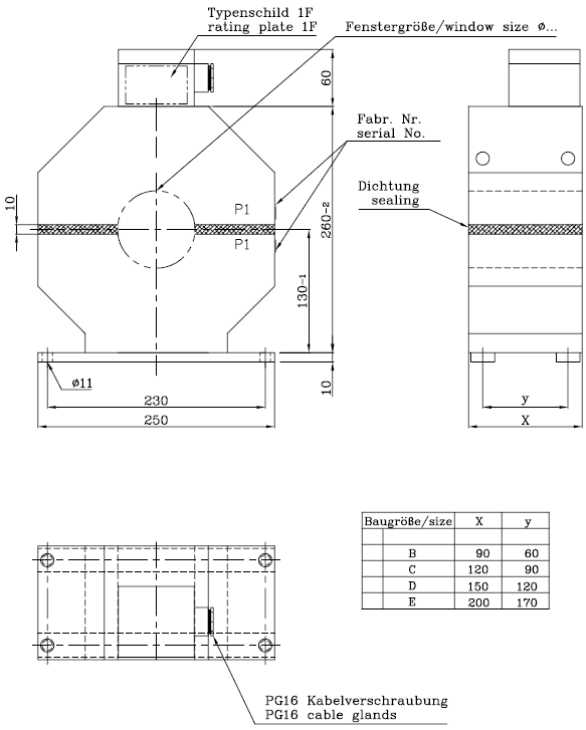


Joonis 5.3 Kaarepooli kontrollerite ja maaühenduskaitsete struktuurskeem

5.3 Kaablivoolutrafod maaühendusvoolu mõõtmiseks

Maaühendusvoolu mõõtmiseks paigaldasime igale väljuvale, reservis olevale ja kaarepooli fiidritele kaablivoolu trafod. Kaablivoolutrafode valimisel peab juhinduma „HD Lisa 11-1 Kaablivoolutrafode nõuded“ [7]. Kuna kaablikelder asus alajaamas all, siis pidin paigaldama välitingimustele vastavad kaablivoolu trafod: [8]

- Tootja: ELEQ
- Südamik: lahtivõetava südamikuga trafo (split core)
- Tüüp: GSKF250-B-120
- Paigaldus: Välipaigaldus -25/+40 ˚C
- Ülekanne: 100/1A
- Koormus: 1VA
- Klass: 1Fs5

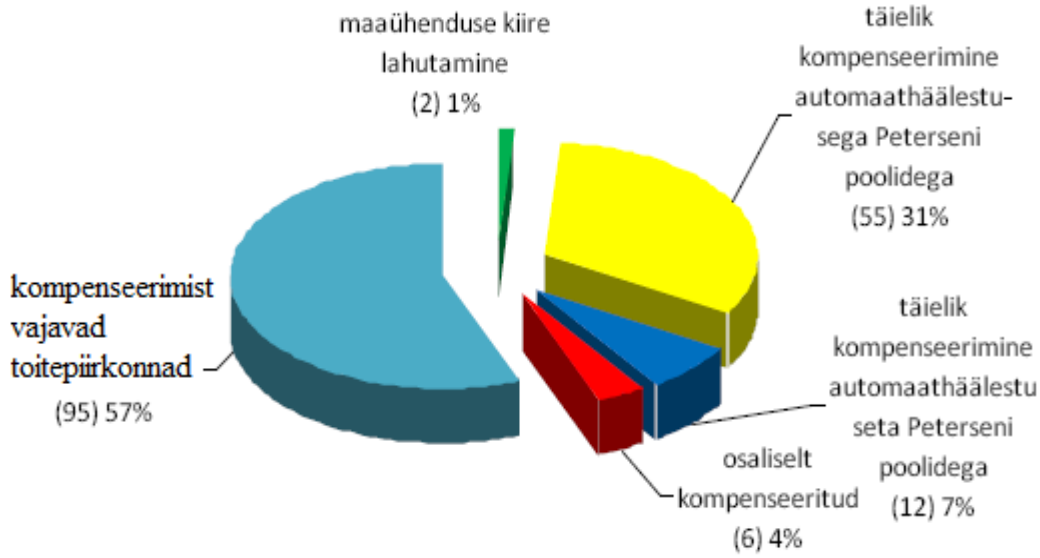


Joonis 5.4 Kaablivoolutrafo [8]

Kaablivoolu trafod pidid olema lahtikäiva südamikuga, sest nende paigaldamine toimus pingestatud fiidri kaabli peale. Kaablivoolu paigaldamisel tuleb juhinduda „HD Lisa 11-2 Juhend maaühenduse kaablivoolutrafode paigaldamisele“ [9].

6. Tõrva alajaama kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete valik

Kompenseerimine on vajalik juhul, kui maaühendusvool ületab 10A. Eestis kasutab Elektrilevi OÜ resonantsmaandatud võrkudes ainult keskset kompenseerimist. Kompenseerimise osas on vaja ära teha kuni 2018 aasta ulatuslik renoveerimine. Joonis 6.1 on näha piirkonna alajaamade 6-20 kV toitepiirkonnad, kus maaühendusvoolud on juba kompenseeritud ja kus seda oleks veel vaja teha. [10]



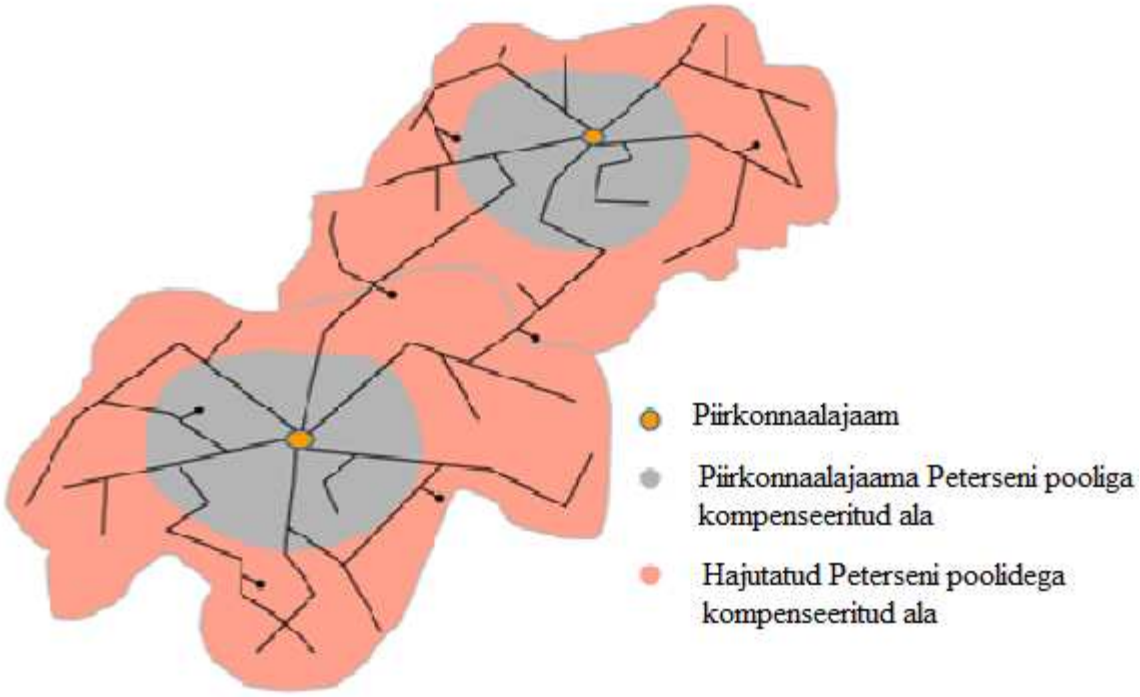
Joonis 6.1 Piirkonna alajaamade 6-20 kV toitepiirkonnad, kus maaühendusvoolud on kompenseeritud või tuleks seda teha [10]

Elektrilevi OÜ-l on kavas keskpingevõrkude töökindlaks tegemisel viia need maakaablisse. Arvestatakse aastas umbes 500 km. Ohutuse tagamiseks paigaldatakse piirkonna- ja jaotusalajaamades liinide rikete väljalülitamiseks või maaühendusest signaliseerimiseks maaühenduskaitsed. Kompenseeritakse aastaks 2018 piirkonnaalajaamade normaalolukorras lahus töötavatel sektsioonidel toidetava võrgu mahtuvuslikud maaühendusvoolud jääkvooludeni 5-10A. Kui liinil avastatakse rike alustatakse kohe asukoha tuvastamisega ja väljalülitamisega, et maaühendusrikke kestus võrgus ei ületaks 8 tundi, motoriseeritud keskpingeseadmetel aga 2 tundi. Kaablivõrgule üleminek, toob kaasa maaühendusvoolude järsu suurenemise. Praeguseks kasutatakse põhiliselt keskset kompenseerimist alajaamades. Keskse kompenseerimise kaugus/ ulatus piirkonna alajaamades mööda liine on sõltuv eelkõige võrgu nimipingest: [11]

- 6 kV- ainult keskne kompenseerimine;

- 10 kV- kuni 40 km;
- 15 kV- kuni 30 km;
- 20 kV- kuni 20 km;

Keskse kompenseerimisvõimsuse määramisel, kui haru- ja tüviliine on palju, arvestatakse maaühendusvoolu perspektiivsete kaabelliinidena. Kui kaabelliine ehitatakse kaugemale kui keskne kompenseerimine ulatub, siis paigaldatakse KP/ MP alajaamadesse jaotustrafodega ühisesse kesta integreeritud kaarepoole 10 A ja 5 A maaühendusvoolu kompenseerimiseks. Sellest tulenevalt võib illustreerida antud lahendust järgnevalt Joonis 6.2. [11]



Joonis 6.2 Segakompenseerimise illustreerimine [10]

Tõrva alajaamas toimus keskne kompenseerimine, mille tulemusena kompenseeriti 15 kV võrgus kuni 30 km tüvi- ja haruliine. Iga väljuv fiider Tõrva alajaamas koosneb nii õhuliinidest kui ka kaabelliinidest, kus arvestatakse kaarepoolide valikul ainult kaabelliinidega, sest ülesanne on viia kõik liinid kaabelliinideks. Sellest tulenevalt haru- ja tüviliinideks võivad olla nii kaabel kui ka õhuliinid, siis eeldatakse, et uuteks kaablite ristlõigeteks:

- Maapiirkondades magistraalliinideks- 120 mm^2 ja haruliinideks 50 mm^2.
- Linnapiirkondades magistraalliinideks- 240 mm^2 ja haruliinideks 120 mm^2.

Selle tulemusena leitakse maaühendusvoolud lihtsustatult, korrutades toitepiirkonna kogu vastava pingega võrgu kogupikkuse keskmise kilomeetrilise maaühendusvooluga A/km. Järgmine Tabel 6.1 illustreerib kaablite ristlõike kilomeetrilised maaühendusvoolud, A/km kohta. [10]

Tabel 6.1 Kaablite ristlõike kilomeetrilised maaühendusvoolud, A/km [10]

Kaabli ristlõige mm^2	Pingeklass kV			
	6	10	15	20
50	0,54	0,90	1,35	1,80
70	0,60	1,00	1,50	2,00
95	0,69	1,15	1,73	2,30
120	0,72	1,20	1,80	2,40
150	0,78	1,30	1,95	2,60
185	0,84	1,40	2,10	2,80
240	0,96	1,60	2,40	3,20
300	1,05	1,75	2,63	3,50

Iga kaablitootja teeb erinevaid kaableid, sellest tulenevalt on ka tootjatel erinevad 24 kV kaablite kilomeetrilised maaühendusvoolud. Järgnev Tabel 6.2 illustreerib põhiliste Eestis kasutatavate kaablite maaühenduvoolusid kaablitootja järgi.

Tabel 6.2 Kaablitootjate 24 kV kaablite mahtuvused ja maaühendusvoolud [10]

Kaabli mark ja ristlõige	Kaabli tootja	Mahtuvus, µF/km	Maaühendusvool, A/km pingel			
			6 kV	10 kV	15 kV	20 kV
AHXAMK-W 3x120Al+35Cu	Draka	0,22	0,72	1,2	1,8	2,39
AHXAMK-W 3x240Al+35Cu	Draka	0,29	0,95	1,58	2,37	3,16
AHXAMK-W 3x120Al+35Cu	Reka	0,22	0,72	1,2	1,8	2,39
AHXAMK-W 3x240Al+35Cu	Reka	0,29	0,95	1,58	2,37	3,16
AHXAMK-W 3x120Al+35Cu	Tele- Fonika	0,215	0,7	1,17	1,75	2,34
AHXAMK-W 3x240Al+35Cu	Tele- Fonika	0,277	0,9	1,51	2,26	3,01
AHXAMK-W 3x120Al+35Cu	Prysmian	0,23	0,75	1,25	1,88	2,5
AHXAMK-W 3x240Al+35Cu	Prysmian	0,3	0,98	1,63	2,45	3,26
AXLJ-TT 3x25/16	Draka	0,14	0,46	0,76	1,14	1,52
AXLJ-TT 3x50/16	Draka	0,17	0,56	0,93	1,39	1,85
AXAL-TT PRO 3x25/25	Ericsson	0,13	0,42	0,71	1,06	1,41
AXAL-TT PRO 3x50/25	Ericsson	0,16	0,52	0,87	1,31	1,74
AXLJ-F TT 3x50/16	Reka	0,17	0,56	0,93	1,39	1,85
Axclight-O TT 3x25/16	Nexans	0,15	0,49	0,82	1,22	1,63
Axclight-O TT 3x50/16	Nexans	0,17	0,56	0,93	1,39	1,85

6.1 Kompenseerimisseadmete valik

Tõrva alajaamast toidetakse kümmet tarbija fiidrit (Lisa L.8.). Tabel 6.3 on toodud Tõrva alajaama fiidrite pikkused, kaabel/ õhuliini osakaalud kilomeetrites.

Tabel 6.3 Tõrva alajaama fiidrite pikkused, kaabel/ õhuliini osakaalud kilomeetrites

TÕRVA 110/15	Keskpinge isoleerjuhe	Keskpinge maakaabel	Keskpinge paljasjuhe	Kokku
HANSAGRAANUL:TQR	0.00	3.95	0.00	3.95
KEK:TQR	0.00	5.02	7.67	12.69
KOORKÜLA:TQR	1.35	2.84	56.22	60.41
KUIGATSI:TQR	0.00	3.03	35.27	38.30
KÄRSTNA:TQR	0.25	1.86	24.74	26.85
NUIA:TQR	1.20	10.26	29.22	40.68
RITSU:TQR	0.00	4.18	0.00	4.18
SOORU:TQR	0.67	4.67	29.86	35.20
SUISLEPA:TQR	0.09	6.77	37.02	43.88
TÕRVA:TQR	0.00	9.54	0.00	9.54
Kokku	**3.56**	**52.12**	**220.00**	**275.68**

Eelnevalt sai mainitud, et maaühendusvoolu suuruse arvutamisel arvestatakse perspektiiviga, kus kogu võrk, mis koosneb nii õhuliinidest kui ka kaabelõhuliinidest paigaldatakse kaabelvõrku. Selle tulemusena arvestatakse, et Tõrva alajaamas toimub keskne kompenseerimine, mille ulatus on kuni 30 km. Tabel 6.4 illustreerib keskselt kompenseeritavate fiidrite pikkusi kilomeetrites.

Tabel 6.4 Tõrva alajaama keskselt kompenseeritavate fiidrite pikkusi

Fiidri nimi	Fiidri pikkus (km)	Keskselt kompenseeritavate fiidrite pikkus (km)
HANSAGRAANUL	4	4
KÄRSTNA	27	27
KEK	13	13
KOORKÜLA	59	30
KUIGATSI	37	30
NUIA	36	30
SOORU	32	30
SUISLEPA	39	30
RITSU	5	5
TÕRVA	9	9
Kokku:	260	207

Tõrva projekti raames valisin kaarepoolid lihtsustatud meetodil, kus arvestasin perspektiivseid maaühendusvoolude suurusi pingel 15 kV eeldusel, et kogu toitva alajaama võrk 30 km raadiuses on üle viidud kaablivõrguks.

Põhimõte seisneb selles, et kaarepoolide valikul eeldan, et 50% magistraalliine on 120mm^2 kaablisse viidud ja 50% haru- ja tüviliine on 50mm^2 kaablisse viidud. Selle lihtsa meetodiga leian maaühendusvool alajaamas järgneva valemi (6.1) järgi: [10]

$$I_F = l_M * l_{0M} + l_H * l_{0H} \tag{6.1}$$

kus,

l_M – magistraalliinide kogupikkus, km

l_{0M} – haruliinide kogupikkus, km

l_H – magistraalliinide kilomeetriline maaühenduvool, A/km

l_{0H} – haruliinide kilomeetriline maaühenduvool, A/km

Magistraalliinide ja haruliinide kilomeetrilise maaühendusvoolu valisin Tabel 6.1, kus 120 mm^2 kaablile on see 1,8 A/km kohta ja 50 mm^2 kaablile 1,35 A/km kohta. Tulemused on toodud Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Tõrva kaarepoolide ja omatarbetrafode valiku arvutus

Alajaam	Pinge (kV)	Alajaama toitel oleva keskpinge elektrivõrgu pikkus (km)	Keskselt kompenseeritavate fiidrite kogupikkus (km), vt tabel 6.4	M.ü.v. (A), kui kogu KP võrk on kaablis - 50% 120 mm2, 50% 50 mm2	Paigaldatavate kaarepoolide kompenseerimis-vahemik (A)	Paigaldatavate kaarepoolide võimsus (kVAr)	Paigaldatavate maandusomatarbe trafode võimsus (kVA)
Tõrva	15	260	207	327	2 x (35-176)	2 x 1600	2 x (1600+50)

Kaarepoolide valikul lähtusin maaühendusvoolust 327 A, mille tulemusena jaotub antud maaühendusvoolu mõlema sektsioonile ehk 327/ 2 = 163,5 A. Lähtudes tulemusest sain valida järgnevast EGE tootetabelist Tabel 6.6 kaarekustutuspoolid, mis on koostatud spetsiaalselt Elektrilevi OÜ nõuetele.

Tabel 6.6 Kaarepoolide tehnilised andmed

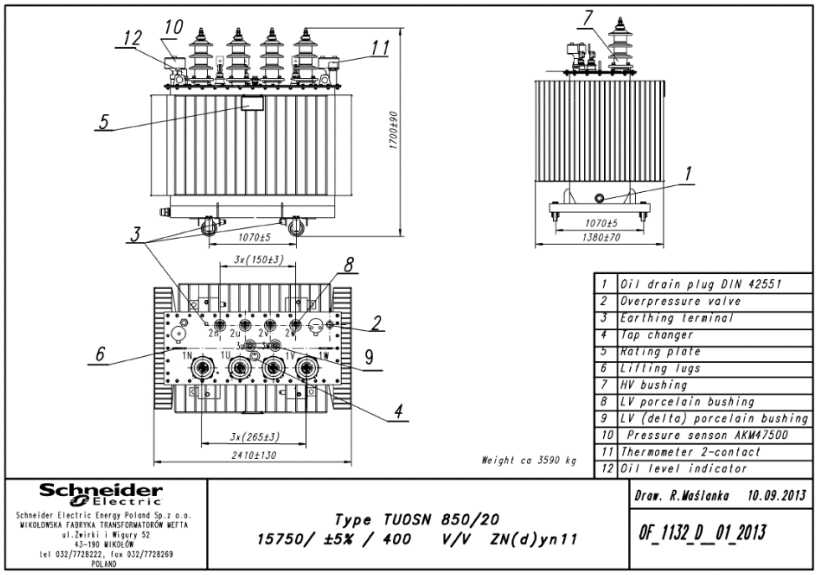
Kaarepooli võimsus kVAr	**Kaarepooli kompenseerimisvahemik A (20-100%)**			
	6,3/√3 kV	**10,5/√3 kV**	**15,75/√3 kV**	**21/√3 kV**
250	14-69	8-41	6-28	4-21
315	17-87	10-52	7-35	5-26
400	22-110	13-66	9-44	7-33
500	28-138	17-83	11-55	8-41
630	35-173	21-104	14-69	10-52
800	44-220	26-132	18-88	13-66
1000		33-165	22-110	17-83
1250		41-206	28-137	21-103
1600		53-264	35-176	26-132
2000		66-330	44-220	33-165
Kaarepooli võimsus kVAr	**Kaarepooli kompenseerimisvahemik A (10-100%)**			
	6,3/√3 kV	**10,5/√3 kV**	**15,75/√3 kV**	**21/√3 kV**
250	6,9-69	4,1-41	2,8-28	2,1-21
315	8,7-87	5,2-52	3,5-35	2,6-26
400	11-110	6,6-66	4,4-44	3,3-33
500	13,8-138	8,3-83	5,5-55	4,1-41
630	17,3-173	10,4-104	6,9-69	5,2-52
800	22-220	13,2-132	8,8-88	6,6-66
1000	27,5-275	16,5-165	11-110	8,3-83
1250		20,6-206	13,7-137	10,3-103
1600		26,4-264	17,6-176	13,2-132
2000		33-330	22-220	16,5-165

Kaarepoolide kompenseerimisvahemik sõltub eelkõige maaühendusvoolust alajaamast, selle tulemusena on mõõdetud Tõrva alajaamas esimeses sektsioonis 68 A ja teises sektsioonis 72 A peale seda kui olid kaarepoolid juba paigaldatud. Seadmete hange toimus varem ja sellel ajal anti ette maaühendusvool suurusega 80A mõlema sektsiooni peale. Kui see jagada kahega siis tulemuseks on 40 A, sellest tulenevalt valin ka kaarepooli mis on kompenseerimisvahemikuga 20-100% ja maaühendusvoolu väärtus 35-176A. Kuigi alajaama paigaldati ikkagi väiksema kompenseerimisvahemikuga kaarepool 10-100% ja maaühendusvoolu väärtus 17,6-176A, kuid see ei mõjuta maaühendusvoolude kompenseerimis tööd.

Maandusomatarbetrafo valikul tuleb arvestada eelkõige primaarmähisega, mis oleks sama võimsusega nagu ka kaarepooli mähis. Samuti arvestasin sekundaarmähisega, mis on maandusomatarbetrafol omatarbe toitmiseks.

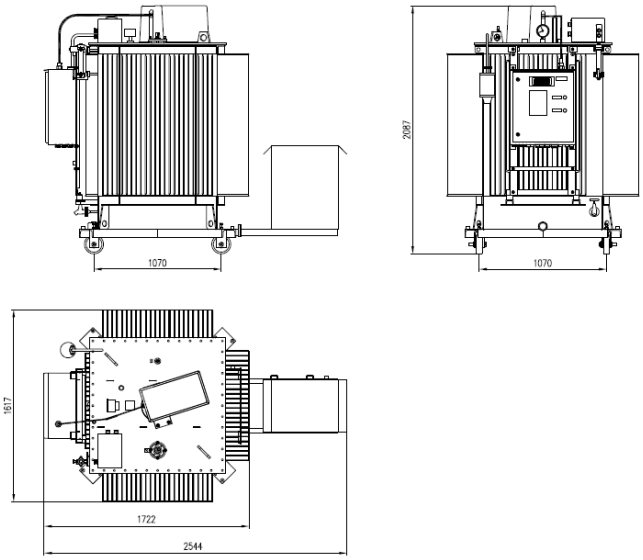
Tõrva alajaama on paigaldatud:

- **Maandusomatarbetrafo** 1650 + 50 kVA; 15,75/0,4 kV Joonis 6.3. Tehnilisi andmeid leiab Lisa L.13.



Joonis 6.3 Tõrva maandusomatarbetrafod [12]

- **Kaarekustutuspool** 1600 kVAr ; 15,75/√3 kV; 17,6-176 A Joonis 6.4 .Tehnilisi andmeid leiab Lisa L.12.



Joonis 6.4 Tõrva kaarekustutuspoolid [13]

7. Tõrva alajaama projekti koostamine

Tõrva alajaama projekti koostamisel on arvestatud kõiki Elektrilevi OÜ hankedokumente, mis oled antud projektiga kaasas. Samuti on arvestatud Eesti Vabariigi Standarditega ja Elektrilevi OÜ-s kehtestatud standardeist, eeskirjadest, juhenditest ja protseduuridest, mis on avaldatud internetis aadressil: http://www1.elektrilevi.ee/Hankekonkursid.nsf/PKDE?OpenView. [14, 15]

7.1 Tõrva alajaama maaühendusvoolude ja kompenseerimisseadmete paigutus

Tõrva alajaama olemasolevat primaarskeemi ja kompenseerimisseadmete paigutamisskeemiga saab tutvuda (Lisa L.8.).

7.2 Projekteerimistööd

Projekteerimisel ja ehitamisel tuleb lähtuda Elektrilevi OÜ võrgustandarditest. Tõrva 110/15 kV alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadme ja maaühenduskaitsete paigaldamine mahtu kuuluvad järgmised tööd: [4, 16]

- Ehitusliku osa, sh. territooriumi projekteerimine
- Maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete hoone projekteerimine
- Primaarosa projekteerimine
- Maaühendusvoolude ja kompenseerimisseadmete projekteerimine
- Eleringi vahelduvvoolukeskuse uute toiteliinide projekteerimine
- Sekundaarosa projekteerimine
- Autonoomse tulekahju- ja valvesignalisatsioonisüsteemi projekteerimine
- Reservtoite (akupatareilt) projekteerimine telemehaanikale ja sideseadmetele

7.3 Ehitustööd ja paigaldustööd alajaamas

Meie mahtu kuulusid ka järgnevad ehitus ja paigaldustööd [4]

- Maaühendusvoolude kompenseerimisseadme hoone ehitamine
- Maandus-omatarbetrafo transport alajaama ja paigaldamine
- Kaarepooli transport alajaama ja paigaldamine
- Kaarepooli kontrollerite transport alajaama ja paigaldamine
- Väljuvatele liinidele ja maandus-omatarbetrafo kaablile ehitada kaheastmeline suunatud tundlik maaühenduskaitse

- Paigaldada maakaitsete paneel ehitatavasse juhtimishoonesse
- Paigaldada kaablivoolutrafod väljuvatele liinide- ja maandus-omatarbetrafo kaablitele
- Kaarepooli kontrollerile ja maakaitsetele ehitada välja IP põhine kauglugemine
- Kaarekustutuspooli toitekaablite paigaldamine ja ühendamine vastavalt lisatud skeemile
- Paigaldada sekundaarkaablid. Kontroller siduda kaarepooliga, maakaitsereleedega, kaablivoolutrafodega
- Eleringi vahelduvvoolukeskuse ja Elektrilevi OÜ maandusomatarbetrafo vaheliste omatarbe toiteahelate väljaehitamine
- Paigaldada switch ja ehitada sidekanalid, siduda seadmetega
- Paigaldada uus alalisvoolukeskus 110 V, akud ja laadijad
- Paigaldada kaablid kaarepooli hoone kütte, valgustuse, kaarepooli ajami, akulaadijate toiteks olemasolevast vahelduvvoolu omatarbekeskusest. Kontrollida üle vajalike automaatide olemasolu vahelduvvoolukeskuses
- Kõigi paigaldatud seadmete seadistustööd

7.4 Primaarosa projekti nõuded

Antud peatükis toon välja põhilised ehitusliku ja primaarosa tähtsamad aspektid, millega pidi arvestama projekti koostamisel.

Hoone üldehitusnõuded

Tõrva AJ laiendamiseks oli vaja ehitada uus kaablikorruseta 15 kV kaarekustutuspoolide hoone (Lisa L.1.), kus pidi paiknema: [17]

- maaühendusvoolude kompenseerimiseks automaatreguleerimisega kaarepoolid ja omatarbemähistega maandustrafod. Kuna hoones paiknes kaks kaarepooli ja kaks maandusomatarbe trafot siis igale komplektile oli vaja ehitada oma ette ruum 1+1 tk.
- kaarepoolide juhtimiseks ja maaühendusvoolude kompenseerimiseks veel omakorda omaette ruum.
- käimla

Hoone ruumide ehitamisel pidi arvestama kõikide paigutatavate seadmetega ja ka ohutu käitlemisega kui seadmed on pinge all. Igast ruumist pidi jääma seadmete vahele 500 mm evakueerimiseks, isegi kui seadmekappide uksed on avatud. Hoone ehitamisel pidi jälgima järgmist hankedokumenti [18]. Ehitise kavandatav tööiga pidi vastama: [17]

- hoonel 40 aastat

- hoone tehnosüsteemidele 20 aastat
- teekate vastavalt tänavate ja väljakute projekteerimise normidele

Juhtimisruumi ehitamisel oli vaja arvestada kõikide Tõrva sekundaartööde mahu ja nõuetega. Hoone projekteerimisel ja väljaehitamisel tuleb tuleohutuse küsimustes juhinduda Vabariigi Valitsuse 27.oktoobri 2004.a. määruse nr 315 "Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded" ja standardi EVS 812-7:2008 Ehitise tuleohutus. Osa 7 „Ehitisele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus" nõuetest ning tuletõrjekujade määramisel ka standardi EVS-EN 61936-1:2010 nõuetest. 15 kV omatarbe/kaarekustutuspooli erinevate sektsioonide seadmete ruumid ja juhtimisruum näha ette eraldi tuletõkkesektsioonidena. Hoone tuleb projekteerida olemasolevast piirdeaiast vähemalt 2 m kaugusele. Hoone tulepüsivusklass TP1, kasutusviis VI, konstruktsioonide tulepüsivus REI 60. Hoone õues paiknevate konstruktsioonide pinnakate peab vastama minimaalselt keskkonnaklassi C3 nõuetele, soojustatud siseruumis klassi C1 nõuetele ja soojustamata siseruumides klassi C2 nõuetele. Kõik õues paiknevad metallkonstruktsioonid (v.a. seinapaneelid ja katteplekid) peavad olema kuumtsingitud vastavalt standardi DIN EN ISO 1461 nõuetele, Poldid ja mutrid, sh ankrupoldid vastavalt standardile SFS 4449. Hoonele näha ette vihmaveesüsteem ja kald katuse puhul lumetõke uste kohal. Vihmaveetorud ja –rennid varustada elektriküttekaabliga, vajadusel lumetõketega. [17]

Olemasoleva 15 kV jaotusseadme hoone

Ehitada 15 kV jaotusseadme hoone kaablikeldrile uks teenindamiseks väljapoolt, mis värvida sama värvitooni olemasoleva kaablikeldri piirdega. Projekteerida ja ehitada kaarekustutuspooli hoone ja 15 kV JS hoone vahelised kaablitorud. Projekteerida ja ehitada kaarekustutuspooli ja Eleringi hoone vahelised kaablitorud. [17]

Vundament ja sokkel

Hoone laiendusele projekteerida ja ehitada monoliitsest raudbetoonist C30/37 plaatvundament pealmise kõrgusmärk peab ühtima olemasoleva vundamendi kõrgusmärgiga. Külmakergete vältimiseks näha hoonele ette põrandaalune soojustus EPS 200. Sokli soojustamiseks näha ette EPS 120 Perimeeter. Põranda soojajuhtivus $U \leq 0{,}25 W/m^2K$. Plaatvundamendi ülapind lihvida ning töödelda vee- ja tolmukindlaks. Omatarbe/kaarekustutuspooli ruumidesse näha põrandasse ette avariijuhtudeks vann, mille maht peab olema 20% suurem trafode õlimahust. Avariivann võib olla klaasplastist või metallist kohale paigaldatav aga ka monoliitsest raudbetoonist ja valatav koos hooneosa vundamendiga.

Monoliitse õlivanni valamisel peab olema vanni põhja kõrgus vähemalt 10 cm kõrgem ümbritsevast maapinnast. Ümber hoone näha ette 600 mm laiusega kallaksillutisriba kaldega hoonest eemale betoontänavakividest. Sillutisriba ääristada betoonäärekividega. Sadevee torude alla näha ette spetsiaalsed sadevete kogumiskivid rennidega hoonest eemale 1 m. [17]

Väliviimistlus, soojustamine

Kergplokkide kasutamisel tuleb seinad enne viimistlemist seestpoolt krohvida, betoonplokkide puhul laduda puhta vuugiga ja värvida tolmukindla värviga. Hoone juhtimisruum ja käimla, näha ette soojustatult. Omatarbe/kaarekustutuspooli ruumide lagi soojustada ja viimistleda tellijaga eelnevalt kokkulepitud materjali(de)ga. Juhtimisruumi lagi soojustada. Hoone soojustatud osa piirdetarindite soojajuhtivus U ei tohi ületada alljärgnevaid väärtusi: [17]

- seinad 0,29 W/m²K
- katuslagi 0,2 W/m²K
- pinnasega kokku puutuvad tarindid 0,25 W/m²K

Põrand, seinad, laed (siseviimistlus)

Põrand:

- Käimla põrand värvitud betoonivärviga, omatarbe/kaarekustutuspooli ruumide põrandad võõbatavad õlikindla võõbaga
- Juhtimisruumi põrand katta täismass-plaatidega

Kõikide ruumide seinad värvida heleda tooniga tolmukindla värviga. Seinad tuleb värvida selliselt, et ei oleks nähtavaid laike. Uste tulepüsivusel pidi arvestama nende paiknemisega. [17]

Uksed

Välisuksed peavad olema pulbervärvitud ja soojustatud, sh piidad soojustatud profiilidest, kaarepoolide ja maandusomatarbetrafode ruumide uksed võivad olla soojustamata. Hoone uksed peavad olema sellise suurusega et paigaldatavad seadmed neist ilma uksi eemaldamata läbi mahuvad. Lingid ja uksed peavad olema korrosioonikindlad. [17]

Küte, ventilatsioon ja jahutus

Hoone ruumide kütmiseks ja jahutamiseks näha ette õhk-õhk soojuspumbad. Reservküttena näha sekundaarseadmete ruumi ette otsekütte elektrikonvektorid.

Küttesüsteem peab olema varustatud sellise hooneautomaatikaga, mis lülitab soojuspumbad välisõhu temperatuuri -12°C juures välja ning elektrikütte konvektorid sisse. Temperatuuri

tõustes -8°C kõrgemale aga uuesti soojuspumbad sisse ja elektrikütte konvektorid välja. Elektrikonvektorite juhtimine näha ette läbi ruumiregulaatori. Regulaatorid paigaldada ruumide välisuste juurde. Käimla ruumi näha ette köetavana elektrikonvektoriga nii, et temperatuur ruumis ei lange alla +5°C. Kaarepooli ja maandusomatarbetrafo ruumidesse kütteseadmeid ei ole ette nähtud. Kaarepooli ja maandusomatarbetrafo ruumide ventilatsioon lahendada selliselt, et õhuvahetus toimiks loomulikul teel, sisetemperatuuri tõustes vastavalt seadmete soojaeraldustele aga lülituks töösse sundventilatsioonisüsteem. Seega ventilaatorite juhtimine näha ette automaatselt läbi temperatuuriandurite ja käsitsi. Ventilatsiooniavad tuleb varustada vahetatavate filtritega või ehitada selliselt, et oleks välistatud liiva ja jämedate tolmuosakeste sattumine ruumidesse. Ventilatsiooni süsteemidel näha ette tuletõrje blokeering. [17]

Elektrivarustus ja valgustus

Hoone elektrivarustus lahendada vastavalt kehtivatele standarditele. Hoone igasse ruumi sh. jaotusseadmete ruumide mõlemasse otsa näha ette vähemalt üks kahene 230 V pistikupesa. Näha ette evakuatsiooni- ja avariivalgustus. Hoone ruumide sisevalgustus peab kustuma hoone valvestamisel. [17]

Turvasüsteemid

Hooneosas tuleb laiendada olemasolevat turvasüsteemi vastavalt HD Lisa „P391 Alajaamade turvasüsteemide üldnõuded“ esitatud nõuetele. Kõik häireteated tuleb edastada vastavalt tehnilistele nõuetele Elektrilevi OÜ juhtimiskeskusesse. [17, 19, 20]

Kaablitrassid, maanduskontuur ja piksekaitse

Projekteerida ja ehitada välja ümber hoone nõuetekohane maanduskontuur, mis ühendada AJ maanduskontuuriga. Kõik hoone metallkonstruktsioonid ja raudbetooni sarrus ühendada maanduskontuuriga. Projekteerida ja ehitada hoonele välja nõuetekohane piksekaitse ja ühendada see maanduskontuuriga. Kõik alajaama territooriumil paiknevad kaablid paigaldada koormusttaluvatesse (750N) kaablikaitsetorudesse D=160 või D=110. Sisenevad kaablitorud peavad olema paigaldatud tõusuga hoone suunas. Sekundaarkaablite torustik peab kulgema sirgelt ilma kõverusteta. Üks toru võib olla kaablitega täidetud maksimaalselt 2/3 mahu ulatuses.

Torustik peab olema kogu pikkuses veekindel, seepärast jätkukohad ja nende hoonesse sisenemised hermetiseerida. Kaarepoolide, maandus-omatarbetrafode, kondensaatori primaar- ja sekundaar-kaablite paigaldamiseks näha ette ruumidevaheline kaablitorustik, milles Näha ette neli reserv- toru perspektiivsete ruumide ja seadmete jaoks. [17]

Demontaazitööd

Olemasolevate OT trafode, nende aluskonstruktsioonide, vana kaarepoolide hoone ja raudbetoon vundamendi ning seadmete demontaaž (Lisa L.1.) teostada vastavalt demontaažiplaanile Tabel 7.1. [21]

Tabel 7.1 Tõrva alajaama demontaažiplaan [21]

Seade	Pinge kV	Op. Tähis	SEADME NIMI	ARV (tk.)	Tegevus
SEADMETE VUNDAMENDID	15		OT1 vundament(betoon)	1	demonteerida ja utiliseerida
SEADMETE VUNDAMENDID	15		OT2 vundament(betoon)	1	demonteerida ja utiliseerida
SEADMETE VUNDAMENDID	15		Vana 15 kV JS vundament	1	demonteerida ja utiliseerida
TUGIKONSTRUKTSIOON	15		trafo OT1 tugikonstruktsioon(metall)	1	demonteerida ja ladustada
TUGIKONSTRUKTSIOON	15		trafo OT2 tugikonstruktsioon(metall)	1	demonteerida ja ladustada
OT TRAFOD	15	OT1	omatarbetrafo	1	demonteerida ja ladustada
OT TRAFOD	15	OT2	omatarbetrafo	1	demonteerida ja ladustada
SEKUNDAARSEADMED					
15 kV JÕUKAABLID	15		toitekaablid(OT trafode ja OT ning KKP-de vahelised	2	demonteerida ja utiliseerida
0,4 kV JÕUKAABLID	0,4		toitekaablid	2	demonteerida ja utiliseerida
RMU	15		RMU (Safering, koormuslülitid)	1 kompl.	demonteerida ja ladustada
MAANDUSTRAFODE JA KAAREPOOLI HOONE			KKP hoone (metall)	1	demonteerida ja ladustada

Biokäimla

Hoone kaablikorrusele projekteerida hoonesisese sissepääsuga biokäimla (näiteks BIOLAN). Biokäimla ruum peab olema köetav. Käimlasse projekteerida ja paigaldada sundventilatsioon väljatõmbega väliskeskkonda. Ventilaator peab käivituma käimla valgustuse sisselülitamisel ning seiskuma mõni minut peale valgustuse väljalülitamist. [17]

7.5 Primaarosa projekti lahendus

Kuna tegeleme ainult elektriosa projektiga, siis üldehitus, valgustuse ja valvesignalisatsiooni töid me ei teostanud, kuid ehitajale skitseerisime algse projekti ja andsime omapoolsed hoone mõõtmed, kus olid arvestatud kõik punkt 7 üleskirjutatud tingimused ja seadmete asukohad. (Lisa L.2.) on toodud Tõrva alajaama asendi plaan, mis jäi ka lõplikuks ehitamise aluseks. Järgneval (Lisa L.3.) on toodud hoone vaated neljast küljest. (Lisa L.4.) ja (Lisa L.5.) on toodud välja alajaama uue hoone katuse, seinte ja põrandate lahendused.

Primaarosa väliste/sisemiste tööde lahendamisel oli minu ülesanne järgmine:

- uue kaarepoolide, maandusomatarbetrafode ja juhtimisruumi projekteerimine
- primaar/ sekundaar kaablitorude asukohtade määramine uue ja vana Elektrilevi hoone vahele
- reservtorude asukoha määramine olemasolevate 110/15 kV trafode jaoks
- side kaablitele torude määramine majade vahel
- maanduskontuuri projekteerimine uuele juhtimis hoonele

- ruumide suuruste määramine uutes hoonetes, kuhu on arvestatud kõik paigaldatavad uued seadmed
- kaabliredelite asukoha määramine uues juhtimisruumis ja kaarepoolide ja omatarbetrafo ruumides
- omatarbe toitele projekteerida ja määrata asukoht kaarepoolide ja maandusomatarbetrafode ruumis (kuna vanad omatarbetrafod demonteeriti ja nende asemele paigutati uued maandusomatarbetrafod)

Kõikide hankedokumentide tutvumisel oli vaja saada teada täpne kaablitorude asukoht, et ehituse käigus ei tekiks olukorda, kus midagi oleks jäänud arvestamata. Ruumide projekteerimisel oli vaja teada täpsed seadmete mõõte ja paigutatavate paneelide arvu. (Lisa L.6.) on esitatud primaarprojekti lahendus.

7.5.1 Maanduspaigaldise projekteerimine

Nõuded maandusele (vastavalt EVS – EN 50522 : 2010). Projekteerida ja ehitada välja ümber hoone nõuetekohane maanduskontuur. Maanduskontuur siduda alajaama olemasoleva maanduskontuuriga. [4]

Maanduspaigladise projekteerimisel on arvesse võetud üldised elektripaigaldise nõuded „Juhend mastilülituspunktide, kaablivõrgu alajaamade ja madalpingevõrgu maanduspaigaldiste ehituseks“ [22]. Maandusjuhtide paigaldusel järgida primaarosa joonistel välja toodud nõudeid sh maandusjuhtide materjal, liited ja paigalduskaugused ning –sügavused. (Lisa L.7.) leiab maanduspaigaldise joonise.

Tõrva 110/15 kV alajaama 15 kV lattidel on mõõdetud esimeses sektsioonis 68 A ja teises sektsioonis 72 A mahtuvusliku maaühendusvoolu. Väärtused on võetud Elektrilevi OÜ mõõdetud andmetest. Kuna alajaama paigaldatakse kaarepoolid mille mõlema kompenseerimis ulatus ulatub kuni 2*176 = 352 A, siis sellest lähtuvalt on hankedokumentidest kinnipeetud nõudest:

- Maanduskontuuri projekteerimisel ja ehitamisel arvestada maaühendusvooluga 352 A.

Selle järgi tuleb ehitada maanduspaigaldised, mille üksikosade maandustakistus on väiksem, kui 0,4545 Ω

$Z_E = 2*U_{TP} / I_E = 2*80\ V / 352\ A = 0{,}4545\ \Omega$, [23]

kus,

Z_E - maandusimpedants, Ω

I_E – maaühendusvool, A

U_{TP} – suurim lubatud puutepinge, V

(Kui voolu kestus on tunduvalt suurem kui 10 s, võib lubatava puutepinge U_{TP} väärtuseks võtta 80 V.) EVS EN 50522:2010. „Üle 1 kV nimivahelduvpingega tugevvoolupaigaldiste maandamine“. [23]

7.5.2 Kaarepoolide ja maandusomatarbetrafo ühendamine vana 15 kV jaotlaga

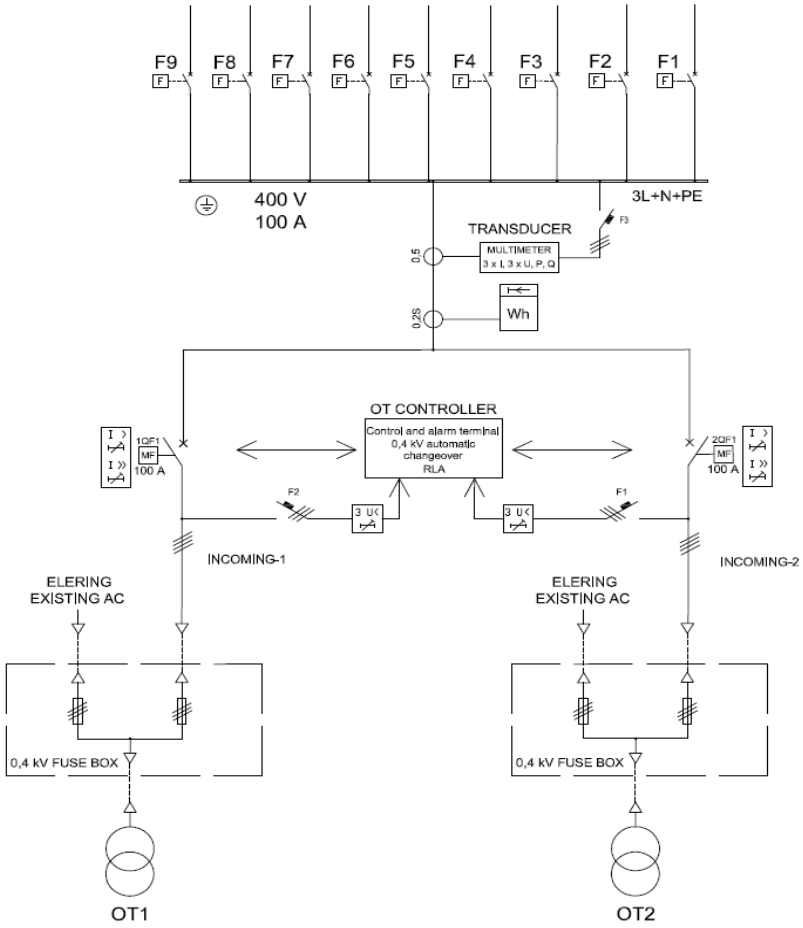
Primaarskeemil (Lisa L.8.) on näha, et uued maandusomatarbetrafod ja kaarepoolid ühendatakse 15kV jaotlaga. Ühendused toimuvad kambrites, esimeses sektsioonis 1503 kambris ja teises sektsioonis 1504 kambris. Keskpinge kaablite valikul ja paigaldusel tuleb lähtuda Elektrilevi OÜ võrgustandarditest: „0,4-20 kV võrgustandardi osa 20 kV kaabelliinid“ [24] ja „Nõuded 6-20 kV keskpingel kasutatavatele plastisolatsiooniga kaablitele“ [25]. Paigaldatav keskpinge kaabel peab olema B kategooria tüüpi vastavalt standardi IEC 60502-2 § 4.1. [4] Paigaldatav k/p kaabel peab olema veekindel nii piki kui ristisuunas, mille minimaalne paigaldustemperatuur peab olema miinus 20°C. Paigaldatava keskpinge kaabli vanus võib olla maksimaalselt 2 aastat tootmisest. [4]

Kaabli valikul mängib rolli Elektrilevi OÜ standart „0,4-20 kV võrgustandardi“ [24], kus on kirjas, et kaabliteks võivad olla ainult 24kV isolatsiooniga kaablid. Teiseks ristlõike valikul sai vaadatud maksimaalset kaarepoole läbivat voolu, mis on 176 A, sellest lähtuvalt sai valitud ka kaabel. 15 kV jaotla kambrite ja maandusomatarbe trafo ühendamiseks sai valitud Draka Keila kaabel [26] AHXAMK-W 12/20 (24) kV ristlõikega 3x120Al+35Cu [27]. Antud kaabli maksimaalne läbitav vool on andmete järgi 265 A. Kaarepooli ja maandusomatarbetrafo neutraal kaabli valikul sai valitud sama AHXAMK-W 12/20 (24) kV, kuid paigaldatud sai ainult üks soon kaablist ristlõikega 1x120Al+35Cu. Skeem antud ühendustest on toodud (Lisa L.9.).

7.5.3 Maandusomatarbetrafode omatarbe toite ühendamine

Tõrva alajaama vanad omatarbe trafod demonteeritakse vaata (Lisa L.1.). Eelnevalt toimus alajaama omatarbe toitmine läbi Eleringi vahelduvvoolu keskuse.

Elektrilevi OÜ uude hoonesse paigaldatakse uus vahelduvvoolu keskus, mille tulemusena omatarbe toide võetakse uutelt maandusomatarbetrafodelt 50 kVA mähistelt. Joonis 7.1 Tõrva alajaama omatarbe skeem.



Joonis 7.1 Tõrva alajaama omatarbe skeem [28]

Nagu jooniselt on näha toidetakse mõlemalt trafolt nii Eleringi omatarvet, kui ka Elektrilevi omatarvet. Mõlemasse kaarepooli ja maandusomatarbetrafo hoonesse sai projekteeritud ja paigaldatud kilp (Lisa L.10.), kus on 80 A sularitega kaitstud omatarbe ahel. Sularite nominaal sai arvutatud järgnevalt: [1]

$$S = \sqrt{3}U * I => I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{50\ kVA}{\sqrt{3} * 0{,}4kV} = 72{,}46A$$

kus,

S – näivvõimsus (kVA)

U- nimipinge (kV)

I – vool (A)

Kaabliteks sai valitud Draka Keila kaablid [26], kaabli mark AXPK 4G35 [29], mille tootekataloogist loeb välja, et tema kestev voolu taluvus on 125 A pinnases. Sellise ristlõikega kaabel sai valitud, kus sai arvestades vahemaid ja pingelangu. Sellest järeldades paigaldasime omatarbe kaabliteks eelpoolt nimetatud margiga kaablid.

7.6 Sekundaarosa projekteerimine ja ehitamine

Sekundaarosa projekteerimine oli kõige mahukam ja keerulisem. Kõige keerulisem on alati projekteerida alajaama, kui ehitatakse midagi juurde ja kus on vaja arvestada kõikide olemasolevate seadmetega. Uue hoone sidumine olemasolevate ahelatega oli kõige mahukam töö, sest lahendused olid piiratud.

7.6.1 Tehniline projekt

Nõuded sekundaar osa tehnilisele projektile

Tehnilise projekteerimise tulemusena koostatakse järgmised dokumendid.: [30]

- Projekti seletuskiri. Projekti seletuskirjas antakse vajalik taustainfo (viited kehtivatele standarditele, nõuded ehitajatele jm). Projekti seletuskiri seob kokku kõik projekti juurde kuuluvad dokumendid.
- Struktuurskeemid - näitavad seadmete põhielemente, nende otstarvet ja vastastikuseid seoseid:
    - seosed sekundaar- ja primaarseadmete vahel
    - sekundaarseadmete omavahelised seosed (blokeeringud; töörežiimide juhtimised; mõõteahelad)
    - kaughaldamine
    - sidelahendused
    - abitoited
- Struktuurskeemidel peavad kajastuma ka seadmete tüübid koos tellimiskoodidega.
- Sidumisskeemid - näitavad seadme ja seadmete vaheliste ühenduste sidumist
- Paigutusskeemid - näitavad seadmete ja nende koostisosade paigutust ning asendit ruumis.
- Seadmekappide üldvaated - sisaldavad koostisosade paiknemist seadmekapis sees kui ka seadmekapi uksel ja/või pöörd raamil koos silttähistega

Tehniline projekt sai koostatud jälgides kõiki Tõrva hanke dokumente ja punktis 7.6.1 struktuurskeemi nõudeid. Tehnilise projekti avaldamine on konfidentsiaalne ja selles töös seda ei avaldata.

7.6.2 Sekundaarosa tööde maht ja nõuded

Sekundaarosa tööde mahtu kuulub seadmete ja nende ühenduste ning kaablite projekteerimine ja paigaldamine, seadmete konfigureerimine, parameetrite määramine, sätestamine, protokollide esitamine ja tervikliku süsteemi testimine. Kõik sekundaartööde mahud ja nõuded on toodud „HD Lisa 8-1 Tõrva sekundaartööde maht ja nõuded“. [31]

Sekundaarosa tööde projekteerimise mahtu kuulus: [31]

- 15kV maandusomatarbetrafode OT1(omatarve1) ja OT2(omatarve2) ning kaarepoolide KKP1 (kaarekustutuspool1) ja KKP2 (kaarekustutuspool2) sekundaarseadmete ahelad ning sidumine
- 15kV väljuvate fiidrite suunatud tundlike maaühenduskaitsete (edaspidi MÜK) ahelad ning sidumine
- KKP1 kontrolleri, KKP2 kontrolleri seadmekapp, nende ahelad ning sidumine
- kesksignalisaatorite ja kombimõõtemuundurite seadmekapp, nende ahelad ning sidumine
- KKP1 ning KKP2 kontrollerite, MÜK (maaühenduskaitse) kontrollerite (2 tk.), kesksignalisaatorite, vahelduvvoolu terminali, kombimõõtemuundurite sidumine uue kauglugemisterminaliga
- KKP1 ning KKP2 kontrollerite, MÜK kontrollerite, kesksignalisaatorite, kauglugemisterminali, vahelduvvoolukeskuse terminali, alalisvoolu kontrolleri kaughaldussüsteem, olemasoleva süsteemiga sidumine
- kesksignalisatsiooni terminalid (2 tk.) ja ahelad 15kV kombimõõtemuundurid ja ahelad
- kauglugemisterminali ja kaughalduse seadmekapp, selle sidumine tervikliku süsteemiga, olemasoleva SYS seadmekapi üleviimine ja sellega seotud ahelad
- vahelduvvoolukeskus, selle ahelad ning sidumine
- alalisvoolukeskus, selle ahelad ning sidumine
- 15kV väljuvate fiidrite kaablivoolutrafod ja ahelad
- 15kV fiidrite kaablivoolutrafode paigalduskonstruktsioon
- uue KKP hoone ja 15kV jaotlahoone vaheline sekundaarkaablite kanalisatsioon, reservseadmekappide paigalduskohad

- 15kV jaotusseadme vahelduvtoite jaotuskilbi (küte, valgus jne.) sidumine uue vahelduvvoolukeskusega

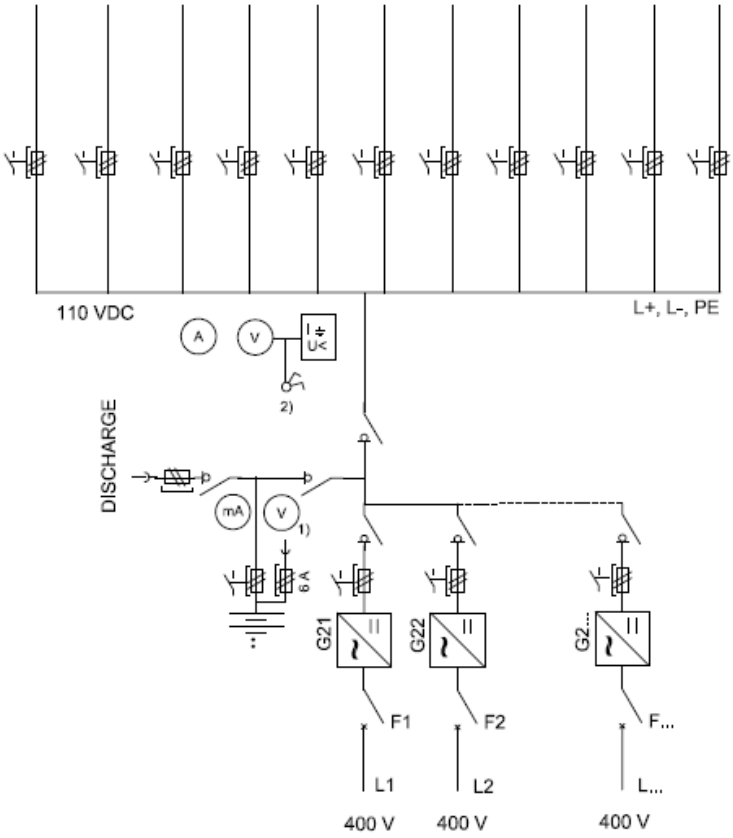
Sekundaartööde ehituse mahtu kuulub: [31]

- kõikide projekteeritavate uute seadmete ja sekundaarkaablite, seadmekappide, nende ahelate paigaldamine ning sidumine
- kõikide uute seadmete parametreerimine, konfigureerimine, testimine ja töösseviimine
- kaarepooli kontrollerite ning maaühendusseadmete seadmekapp kesksignalisaatorite ja kombimõõtemuundurite seadmekapp
- kauglugemisterminali ja kaughalduse seadmekapp
- olemasoleva SYS seadmekapi üleviimine ja sellega seotud ahelad, SYS kapp paikneb vanas 15 kV jaotlas.
- KKP1 ning KKP2 kontrollerite, MÜK kontrollerite (2 tk.), kesksignalisaatorite, AC terminali, kombimõõtemuundurite sidumine uue RTU-ga
- kaughaldussüsteemi sidumine, parametreerimine ja testimine alalisvoolukeskus, selle ahelad ning sidumine
- vahelduvvoolukeskus, selle ahelad ning sidumine 15kV väljuvate fiidrite kaablivoolutrafod ja ahelad

7.6.3 Alalisvoolukeskus

Uude ehitatavasse hoonesse oli vaja projekteerida ja paigaldada uus alalisvoolukeskus. Alalisvoolukeskustege meie ei tegelenud, siis olime sunnitud tellima mujalt alalisvoolukeskuse, mis pidi vastama täpselt hankenõuetele [28, 32, 31]. Alalisvoolukeskus töötab pingel 110VDC. Tema toitesisendiks on 3- faasiline 400 VAC, mis võetakse kõrval seisvast vahelduvvoolukeskusest. Alalisvoolukeskus koosneb kahest seadmekapist. Laadijakapis mõõtmetega 1750x600x600 asuvad alaldid, DC jaotusliinid ja laadimiskontroller. Alaldimoodulis on kolm alaldit 230 VAC/125V 9A. Maksimaalselt tarbitav võimsus on 3,3 kW. Laadija kontrollseade Cordex CXCR 125/220V võimaldab alaldite juhtimist, akude laadimist ja testimist, lülitite asendite ja sulavkaitsmete korrasoleku kontrolli, alalisvoolu maaühenduse kontrolli, kaugjälgimist (juhtimist) ning anda alarme läbi 8 relee potentsiaalivabade kontaktide. Väljuvad alalisvoolu liinid on välja toodud klemmliistule. Perspektiivsete primaarseadmete toitmist ei tohi akude mahtuvus olla alla 120 Ah. Alalispinge mõõtmiseks paigaldatakse mA-mõõtemuundur, mille mõõtmised seotakse kauglugemisterminaliga.

Informatsioon alalisvoolukeskuse seisundi kohta saadetakse elektrivõrgu dispetšersüsteemi (SCADA, Supervisory Control and Data Aquisition). Alalisvoolukeskuse ehitamisel oli vaja anda tootjale täpne arv tarbijafiidreid, kus pidi jällegi välja uurida kõik alalisvoolu vajavad seadmed alajaama. Samuti tuli arvestada reserv tarbijafiidritega, mis paigaldati alalisvoolukeskusesse perspektiiviga. Alalisvoolukeskuse skeem on toodud Joonis 7.2.



Joonis 7.2 Tõrva alajaama alalisvoolu skeem [33]

7.6.4 Vahelduvvoolukeskus

Vahelduvvoolukeskuse projekteerimine toimus meie poolt, kuid komplekteerimise tellisime Harju Elektrist. Vahelduvvoolukeskuse nõuetega saab tutvuda täpsemalt (Lisa L.12.) ja skeemiga Joonis 7.1. Vahelduvvoolukeskus pidi võimaldama: [34]

- Sisendid peavad töötama lahus ning peab olema välistatud elektriliselt nende paralleeltöösse viimine
- RLA töörežiimid teostada fiidriterminaliga alljärgnevalt:
    - tööst väljas;
    - töös, eelistusega OT1-lt (toide alati pinge olemasolul OT1-lt);
    - töös, eelistusega OT2-lt (toide alati pinge olemasolul OT2-lt);
    - töös, eelistuseta (toide alati viimati pingestatud OT-lt).

(Selgitus: eelistus on toiterežiim trafolt, milline on pingestatud ja pinge väärtused on ala- ja ülapinge sätteseadistuste vahelises tsoonis).

- Fiidriterminali ja abiahelate toide peab olema võetud uuelt alalisvoolukeskuselt.
- Vahelduvpinge omatarbekeskuse automaatika, signaalide esitus (sisendfiidrite asendid, režiimid jne.) ning nende juhtimised tuleb teostada keskusel asuva fiidriterminaliga.
- Lisaks peab olema sisendfiidrite juhtimine võimalik lülititelt 1QF1 ja 2QF1 endilt. Kõik keskuse kaitselülitid peavad olema signaalabikontaktidega, millised siduda alarmsignaali edastusega ning vajalike blokeeringutega.
- Elektrilevi vahelduvpinge omatarbekeskusesse projekteerida ja paigaldada 110VDC/230VAC alalis/vahelduvvoolu inverter tüübiga *Schaefer* ning võimsusega 750VA. Inverteri rikkesignaal siduda kauglugemisterminaliga.

Vahelduvvoolu keskuse terminali Joonis 7.3 Arcteq- S214 [35] sai valitud, kuna antud terminal toimib nii signaalikeskusena, kui ka juhtimiskeskusena. Varem sellist terminali polnud me kasutanud ja tema töösse viimine andis teadmise, et tulevikus saame teda kasutada.. Terminal iseenesest on väga kompaktne ja kergesti programmeeritav.

Joonis 7.3 Arcteq- S214 [35]

7.6.5 Kesksignalisaatorid

Algselt paiknes kesksignalisaator 15 kV jaotlas, mille tulemusena oli vaja see demonteerida, kuna uus signalisaatori keskus pidi paikne uues ehitatavas juhtimisruumis. Uues ehitatavas juhtimisruumis pidi paigaldama paneeli, mis sisaldas kahte signalisaatorit. Signalisaatoriteks sai kasutatud samat moodi nagu vahelduvvoolukeskuses kaks Arcteq-S214 releed. Signalisaatorid jagunesid omakorda üldsiganalisaatoriks ja 15 kV signalisaatoriks. 15 kV signalisaator seotakse ainult 15 kV jaotusseadmega. Üldsignalisaator seotakse ainult uute seadmetega uues juhtimisruumis. Signalisaatorid pidid olema seotud järgmiste signaalidega Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Signalisaatorite signaalid [31]

15kV SIGNALISAATOR			
LED			Kommentaar
1	15KV KAITSE TÖÖ	RED, Latched –Steady	Olemasolev 15kV kaitsete töö
2	15KV MAAKAITSE TÖÖ	RED, Latched –Steady	Olemasolev 15kV maakaitsetekaitsete töö
3	KAAREKAITSE TÖÖ	RED, Latched –Steady	Olemasolev kaarekaitse töö 15kV jaotlas
4	MAA 15KV I SEKTSIOONIS	RED, Follow-Steady	Olemasolev 15kV maa Is. signaal
5	MAA 15KV II SEKTSIOONIS	RED, Follow-Steady	Olemasolev 15kV maa IIs. signaal
6	15KV RLA TÖÖ	RED, Follow-Steady	Olemasolev 15kV RLA töö
7	15KV TLA/STLA TÖÖ	RED, Follow-Steady	Olemasolev 15kV TLA, STLA töö
8	15kV SA TÖÖ	RED, Latched –Steady	Olemasolev 15kV SA töö
9	OT1,KKP1 KAITSE TÖÖ	RED, Latched –Steady	Temp.2.aste ja gaasikaitse
10	OT1,KKP1 ÜLETEMPERATUUR	RED, Follow-Steady	Temp 1.aste signaalile
11	OT2,KKP2 KAITSE TÖÖ	RED, Latched –Steady	Temp.2.aste ja gaasikaitse
12	OT2,KKP2 ÜLETEMPERATUUR	RED, Follow-Steady	Temp 1.aste signaalile
13			
14	15KV PT KAITSELÜLITI VÄLJAS	RED, Follow-Steady	Y, D uued kaitselülitid
15	KAITSELÜLITI VÄLJAS	RED, Follow-Steady	Kõik uued kaitselülitid (15kV jaotla, seadmekapid, KKP ajamid jne.)
16	ÜLDSIGNALISAATORI RIKE	RED, Follow-Steady	IRF

ÜLDSIGNALISAATOR			
LED			Kommentaar
1	-		
2	-		
3	-		
4	-		
5	-		
6	-		
7	-		
8	-		
9	-		
10	-		
11	TERMINALIDE RIKE	RED, Follow-Steady	Uute KKP, MÜK, AC terminalide rike
12	MÕÕTEMUUNDURITE RIKE	RED, Follow-Steady	Kombimeetrite IRF
13	DC KESKUSE RIKE	RED, Follow-Steady	Laadijate rike, sularite rike, üla/alapinge jm
14	ALALISVOOLU MAA	RED, Follow-Steady	
15	INVERTERI RIKE	RED, Follow-Steady	Seadme rike, väljundpinge puudub jm.
16	15KV SIGNALISAATORI RIKE	RED, Follow-Steady	IRF

7.6.6 Maaühenduskaitsete ja kaarepooli kontrollerite paneel

Kaarepooli kontrollerid ja maaühenduskaitsete seadmed paigutasime ühisesse seadme kappi. Paigaldatud sai kaks kaarepooli kontrollerit A-Eberle REG-DP, ja kaks maaühenduskaitse seadet A-Eberle EORSys. Paneel on ühenduses põhiliselt kaarepooliga, 15 kV jaotlaga ja kaablivoolu trafodega.

7.6.7 Kauglugemisterminal (RTU) paneel

Kauglugemisterminali (RTU Remote Terminal Unit) paneel sai koostatud vastavalt hanke nõuetele [31]. Tema ülesandeks on koguda informatsiooni alajaamas toimuvast, ning edastada või vahetada infot elektrivõrgu dispetšersüsteemiga (SCADA, Supervisory Control and Data Aquisition). Kõik alajaamas toimuv nii side kui ka kaughaldus on seotud Ruggedcom switchi-ga (protokolliga Ethernet IEC 60870-5-104), mille läbi saadetakse kogu info Eleringi majas asuvasse Televõrgu AS sidepaneeli, kust juba info liigub edasi dispetšersüsteemi.

Põhilisteks kasutatavateks seadmeteks RTU-s leiab (Lisa L.14.). Kuna RTU seadmete sidumis ahelad on konfidentsiaalsed, ei ole võimalik neid ahelaid selles töös avaldada, kuid Tõrva IP skeemiga saab tutvuda (Lisa L.15.). Antud skeem ei ole täiesti täpne üks ühele, sest täpsemate ahelate sidumisi ei ole lubatud avaldada. Kõik sides olevad seadmed on teostatud lahti sidestusega fiiberoptilise kaabliga, mille tulemusel rikke korral ei kandu liigpinge kõikidele sideseadmetele.

7.6.8 Paneelide koostamine

Kõik alajaama paigaldatud paneelid on meie koostatud ja projekteeritud. Väljaarvatud alalisvoolukeskus ja vahelduvvoolukeskuse komplekteerimine. Kõik kilbid on koostatud vastavalt:

- Madalpingeseadmete direktiivis 2006/95/EC ja elektromagnetilise ühilduvuse direktiiv 2004/108/EC
- Toote kategooria: Madalpingelised aparaadikoosted
- Mudelite nimed: ES STB, ES OTB
- Eritingimused: Paigaldamiseks tööstuskeskkonda ja alajaamadesse
- Rakenduv(ad) standard(id): EVS-EN 61 439-1; EVS-EN61000-6-2; EVS-EN61000-6-4; EVS-EN 50110-1

Samuti on arvestatud Elektrilevi OÜ hankedokumenti „HD Lisa 8-2 Requirements for indoor cubicles“ [36]. Joonis 7.4 illustreerib Tõrva alajaama paigaldatud paneele.

Joonis 7.4 Tõrva alajaama paigaldatud paneelid

Lõputöö kokkuvõte

Käesoleva magistritööga sai lahendatud Tõrva alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigalduse. Nagu töös sai selgeks ei olnud projekt ainult maaühenduskaitse ja kompenseerimisseadmete paigaldamisega seotud vaid ka kogu uue juhtimisruumi väljaehitamine vajalike seadmete ja ahelatega.

Kogu projekti koostamine, projekteerimine ja ehitamine toimus alates kevade lõpp 2014 kuni veebruar 2015 aasta.

Tõrva alajaama projekti eesmärk seisnes selles, et aja jooksul on viidud paljud õhuliinid kaabelliinideks, töökindluse eesmärgiks, mille tulemusena mahtuvuslik vool suureneb ja maaühendusvool tõuseb suurte väärtusteni. Alajaamas oli eelnevalt paigaldatud kaarepool, mis oli kompenseerimisvahemikuga 16-80A. Kuna võrk muutus aina rohkem kaabelvõrguks, siis kaarepool töötas alakompensatsioonis ja sama väärse kaarepooli lisamine alajaama ei oleks toonud vajaliku nõuet, mida Elektrilevi OÜ on omale ette seadnud. Sellest tulenevalt sai valitud Tõrva alajaama vajalikud kaarepoolid, kus on arvestatud kogu võrgu mahtuvusega 30 km piires. Tulemuseks on mõlema sektsiooni kompenseerimine Elektrilevi poolt kehtestatud nõuetele. Paigaldatud sai kaks kaarepooli kompenseerimisvahemikuga 17,6-175A. Nagu näha on kaarepoolid väga üle dimensioneeritud, sest põhimõte seisneb selles, et antud alajaamas tulevikus enam keskset kompenseerimist ei tehta, isegi kui kogu võrk on kaabelvõrgus. Siis hakatakse rakendama juba hajakompenseerimist, mida antud projektis väga ei mainitud.

Uue hoone ehitus oli vajalik selleks, et tulevikus paikneksid kõik 15 kV juhtimised ja signaalid uues juhtimishoones. Samuti on 110/15 kV trafod nüüdseks selles alajaamas Elektrilevi OÜ omand. Praeguseks 110/15 kV trafo juhtimine käib läbi olemasoleva Eleringi maja, kuid tulevikus on arvestatud, juhul kui toimub trafode vahetus, ruumiga uues juhtimisruumis trafo paneelidega. Eelnevalt paiknes ka vana kaarepooli juhtimine, signalisaatorid ja sidepaneel 15 kV jaotusseadme hoones, mis ei sobinud Elektrilevile. Selle tulemusena viisin üle/ demonteerisin kõik 15 kV jaotusseadme hoones olevad paneelid uude juhtimisruumi. Kui vana paneel ei vastanud nõuetele ja oli nõutud uut paneeli, siis selle ehitasime ka välja. Nüüdseks paiknevad kõiki juhtimis-, toite-, maaühenduskaitse- ja sidepaneelid uues hoones.

Tõrva projektis pole kõiki sekundaarosa jooniseid toodud, sest kõike ei soovi avaldada konkurentsi põhimõttel. Põhilised seadmete valikud ja põhimõtted on lahti seletatud. Minu ülesanne antud projektis oli kogu projekti projekteerimine, ehitamine ja sidumine. Saadud ülikoolis teadmistest oli kasu ka antud projekti koostamisel.

Kasutatud kirjandus

1. Kilter, J., Tammoja, H. Treufeldt, Ü., Meldorf, M. Jaotusvõrgud, Tallinn, 2007.

2. Treufeldt, Ü. Peterseni pooli parameetrite määramine resonants maandatud võrgus, Täiendkoolituse materjalid, TTÜ Elektroenergeetika instituut, Tallinn, 2010, 13 lk.

3. EGE kaarepooli tutvustus. [WWW] http://en.eneroptim.ro/download/ege/asc.pdf (25.03.2015)

4. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. Tõrva 110/ 15 kV alajaama maaühendusvoolude kompenseerimisseadmete ja maaühenduskaitsete paigaldamine. [*Online*] (1.05.2014)

5. A-eberle maaühenduskaitse releed. [WWW] http://www.a-eberle.de/en/product-groups/petersen-coil-regulation/devices/eor-d (27.03.2015)

6. A-eberle kaarepooli kontrollerid. [WWW] http://www.a-eberle.de/en/product-groups/petersen-coil-regulation/devices/reg-dp (27.03.2015)

7. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 11-1 Kaablivoolutrafode nõuded. [*Online*] (1.05.2014)

8. Eleq kaablivoolutrafod. [WWW] http://www.eleq.com/eng/products/transformers/detail/eleq_split-core_cast_resin_current_transformers_model_gsk(f).php (27.03.2015)

9. Makus, M., Puumets, R. HD Lisa 11-2 Juhend maaühenduse kaablivoolutrafode paigaldamisele, Elektrilevi OÜ, Tallinn. [*Online*] (1.01.2013)

10. Raesaar, P. Mahtuvuslike maaühendusvoolude keskse ja hajutatud kompenseerimise kasutamine keskpingevõrgus üleminekul õhuliinidelt kaablivõrgule, TTÜ, Tallinn, 133 p. 2012.

11. Elektrilevi hanke dokumendid. P347 Varahalduse põhimõtted printimiseks, ver.8, Tallinn, [*Online*] (5.05.2014)

12. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 16-2 TUOSN 850-20 joonis. [*Online*] (5.05.2014)

13. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 16-1 ASR1.6P DB+SR joonis. [*Online*] (10.05.2014)

14. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 15 Nõuded piirkonna- ja jaotusalajaamade ehitusel. [*Online*] (8.03.2014)

15. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 14-1 Piirkonna- ja jaotusalajaamade täiendjuhendamise kava. [*Online*] (12.12.2013)

16. Elektrilevi hanke dokumendid. J352/3 Elektripaigaldise projekti koostamise juhend. [*Online*] (1.05.2014)

17. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 13-1 Tõrva AJ KKP ehitusnõuded. [*Online*] (5.05.2014)

18. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 8-4 Nõuded sekundaarseadmete, -kaablite ja -kaablitarindite paiknemisele v2.0. [*Online*] (1.02.2014)

19. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 12-1 EE Turvasüsteemide projekteerimise ja paigalduse üldnõuded. [*Online*] (1.02.2011)

20. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 12-2 Alajaamade turvalahenduse projekteerimise lähteülesanne. [*Online*] (20.03.2014)

21. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 17-1 Tõrva Alajaama demontaaži plaan. [*Online*] (5.05.2014)

22. Elektrilevi hanke dokumendid. P393 Nõuded mastlülituspunktide, kaablivõrgu alajaamade ja madalpingevõrgu maanduspaigaldiste ehituseks. [*Online*] (10.02.2015)

23. Üle 1 kV nimivahelduvpingega tugevvoolupaigaldiste maandamine. Standartsed kvaliteedinõuded: EVS EN 50522:2010. Tallinn: Standardiamet, 2010.

24. Elektrilevi hanke dokumendid. P342/2 0.4...20kV Võgustandardid. [*Online*] (10.02.2015)

25. Elektrilevi hanke dokumendid. P368/3 Nõuded 6-20 kV keskpingel kasutatavatele plastisolatsiooniga kaablitele. [*Online*] (1.04.2014)

26. AS Draka Keila Cables tootekataloog. [WWW]. http://www.drakakeila.ee/toot/Draka_Cataloque_EST.pdf (10.04.2015)

27. AS Draka Keila Cables toode AHXAMK. [WWW] http://www.drakakeila.ee/public/product/AHXAMK-W%2012-20%20(24)kV.pdf (10.04.2015)

28. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 10-1 Vahelduvvoolu omatarbe skeem. [*Online*] (18.03.2014)

29. AS Draka Keila Cables toode AXPK. [WWW] http://www.drakakeila.ee/public/product/AXPK%20PLUS%20est.pdf (10.04.2015)

30. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 4-2 Nõuded sekundaarosa tehnilisele projektile. [*Online*] (18.03.2014)

31. Ottan, T. HD Lisa 8-1 Tõrva sekundaartööde maht ja nõuded. Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2014.

32. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 9-2 DC auxiliary power systems. [*Online*] (18.03.2014)

33. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 9-1 Alalisabivoolu skeem.[*Online*] (18.03.2014)

34. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 10-2 AC keskuse nõuded piirkonna alajaamades_v3. [*Online*] (18.03.2014)

35. Arcteq S214 releed. [WWW] http://www.arcteq.fi/products/product-by-type/aq-200-series/aq-s214-alarm-and-indication-ied. (13.04.2015)

36. Elektrilevi Tõrva hanke dokumendid. HD Lisa 8-2 Requirements for indoor cubicles. [*Online*] (15.02.2014)

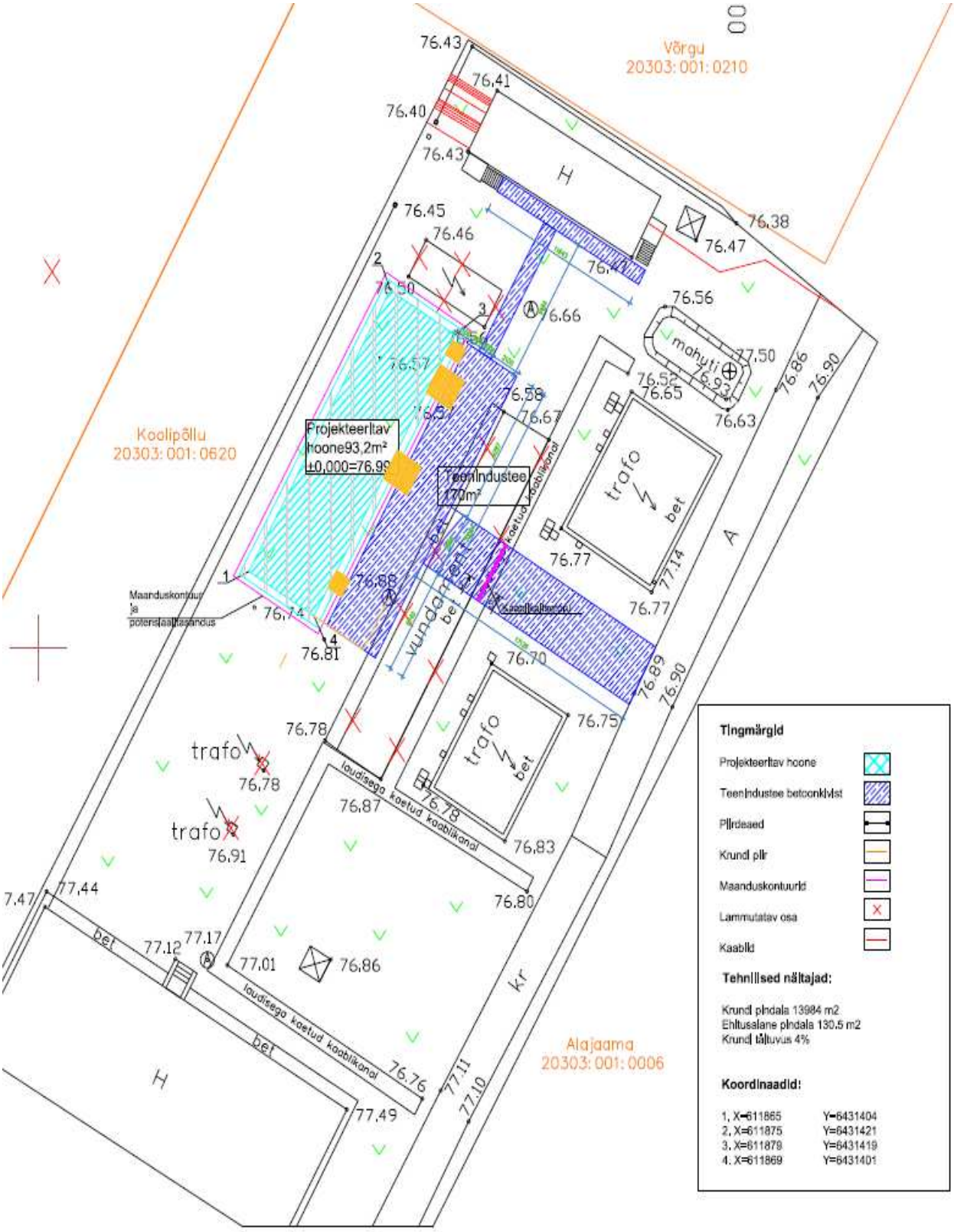
37. Elektrilevi hanke dokumendid. VJ70 Maaühendusvoolud piirkonnaalajaamade toitepiirkonnas, ver.5 Tallinn. [*Online*] (15.07.2012)

38. Tark, T. Elektrilevi OÜ investeeringute vajalikkuse ja efektiivsuse hindamine. [WWW] http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/e/e4/Tark,_T._Elektrilevi_O%C3%9C_investeeringute_vajalikkuse_ja_efektiivsuse_hindamine_2014.pdf (23.04.2015)

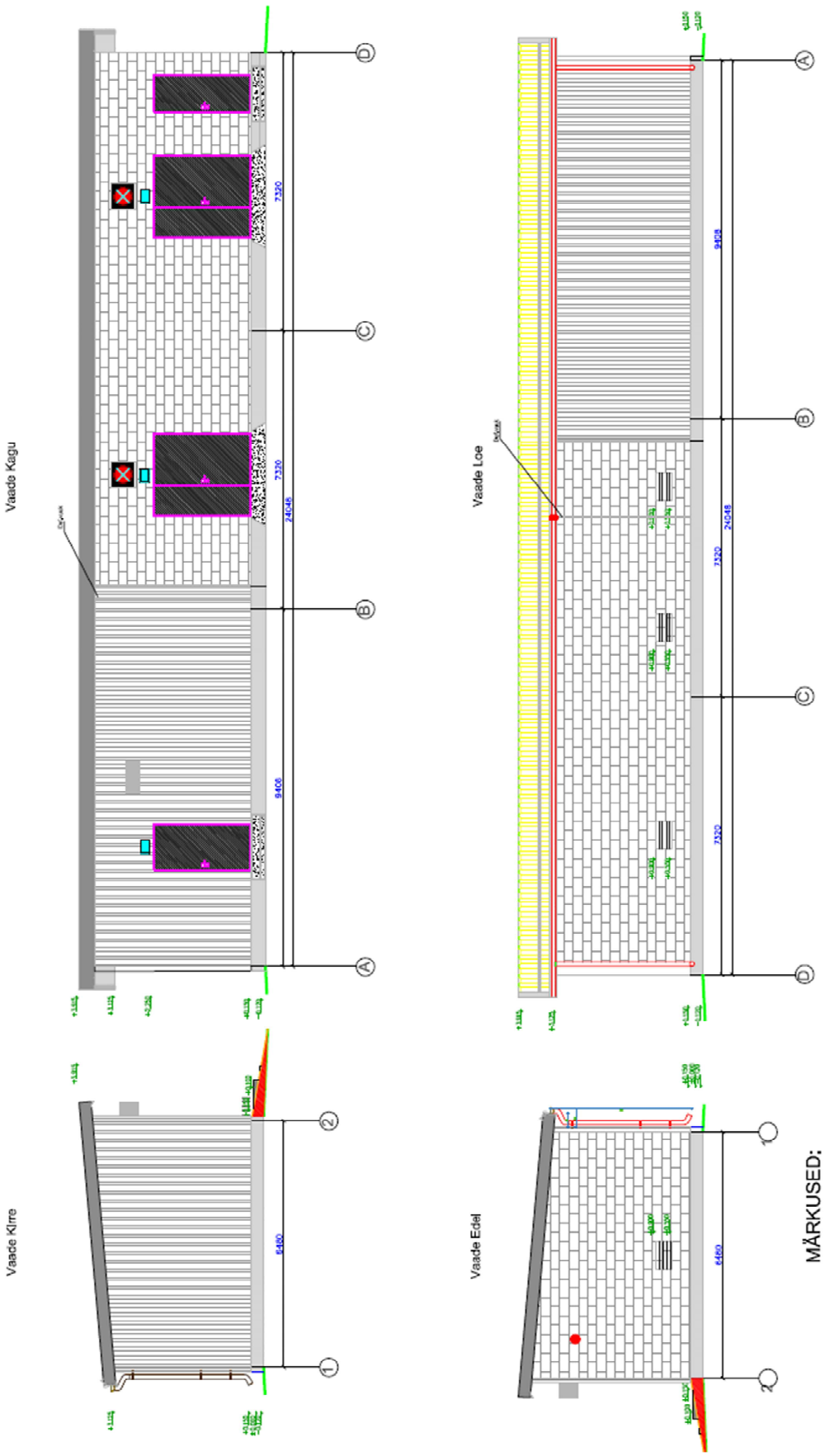
Lisad

L.1. Algne maaühendusvoolude ja komp. seadmete hoone asukohaplaan ja demonteeritavad osad

L.2. Tõrva üldehituse pealtvaade



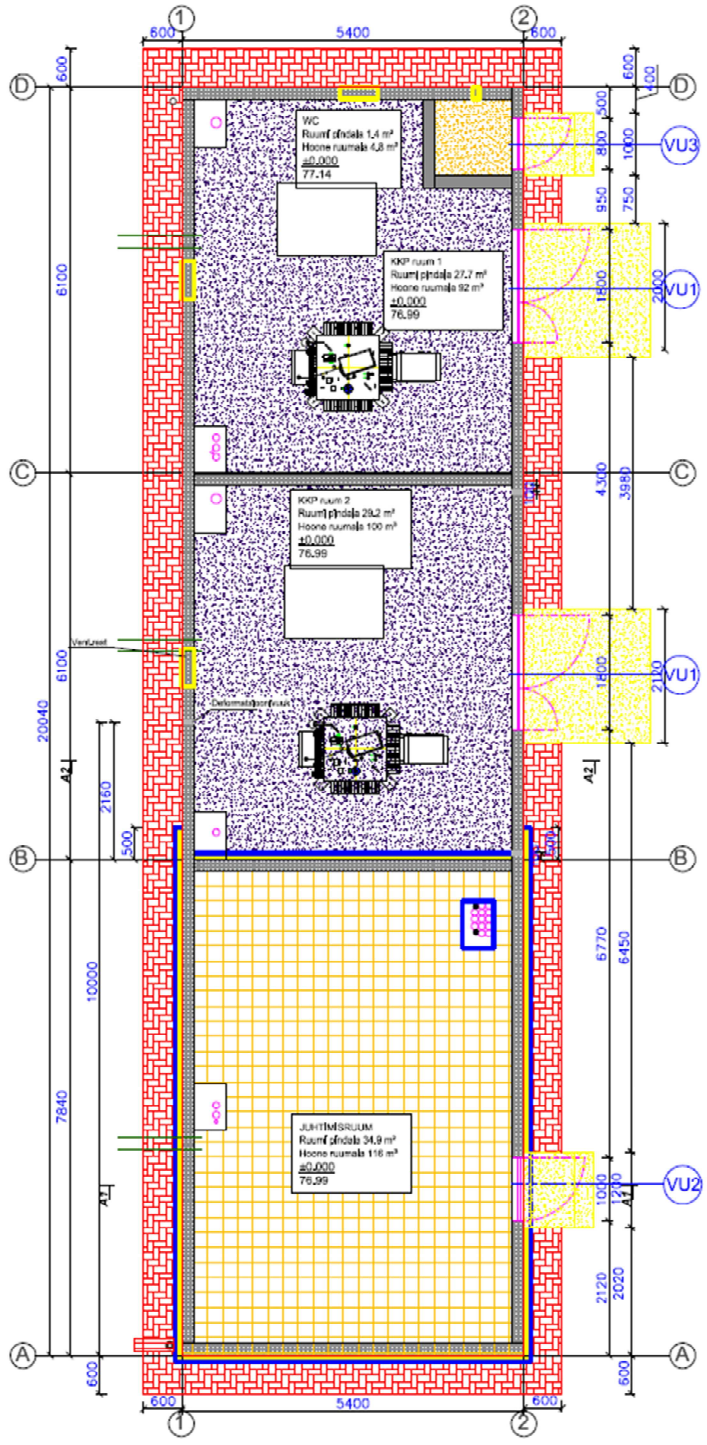
L.3. Tõrva alajaama uue hoone vaated



MÄRKUSED:

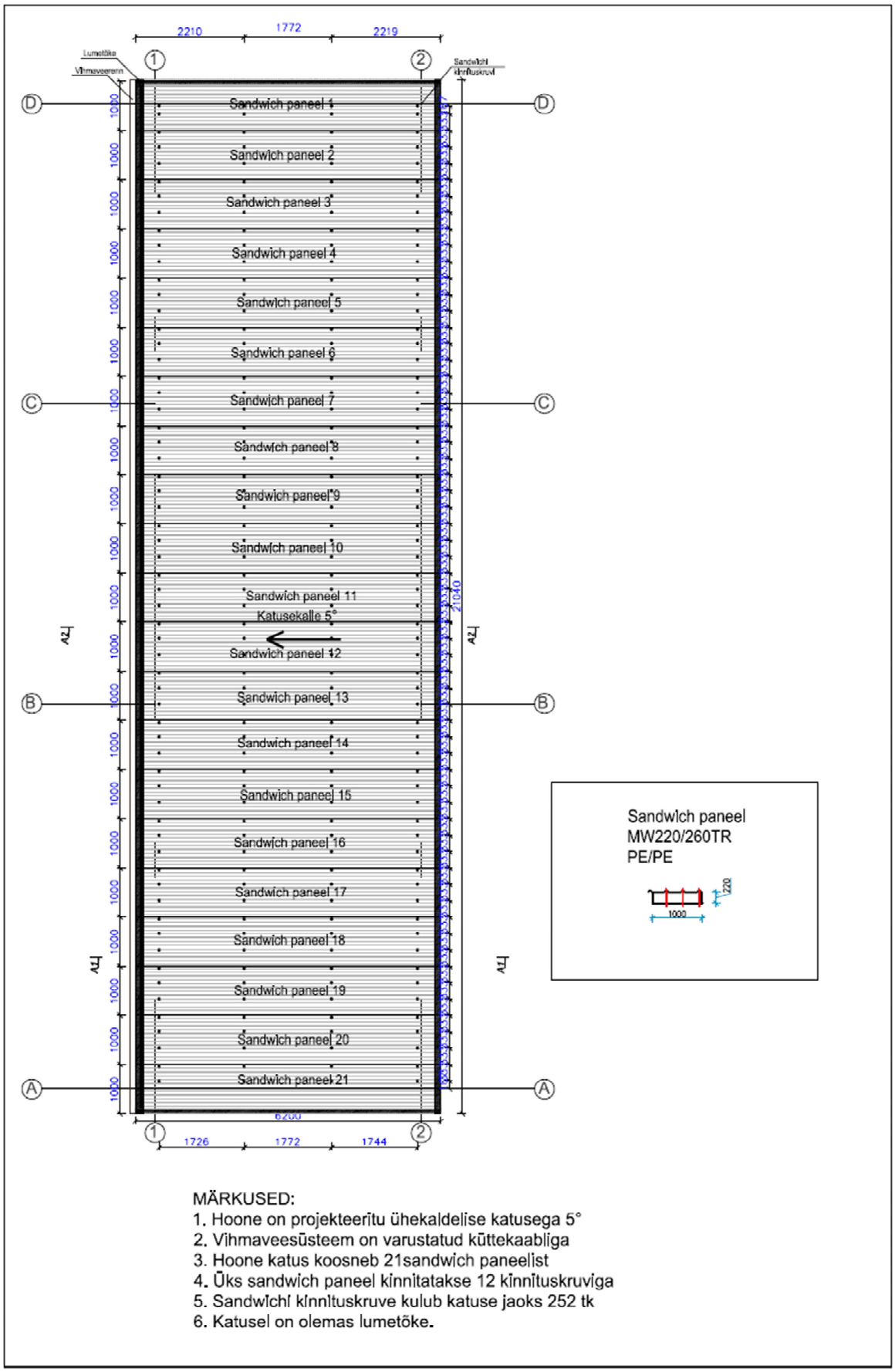
1. Suhteliseks kõrguseks ±0.000= 76.99 on võetud hoone põrand
2. Ümber hoone paigaldatakse 1m laiuselt EPS120 100mm
3. Hoone tulepüsivusklass TP1, RE|60
4. Hoone välisseinad on valmistatud betoonkivist 190x200x600 mm.
5. Betoonklvl laotakse ilma mördita, betoneeritakse hiljem kahes osas täis
6. Juhtimisruum on soojustatud EPS60 100mm
7. EPS60 palgaldatakse karkassi vahele, mille külge kinnitatakse profiilplekk RAL 7016

L.4. Tõrva alajaama uue hoone põrandate ja seinte katted



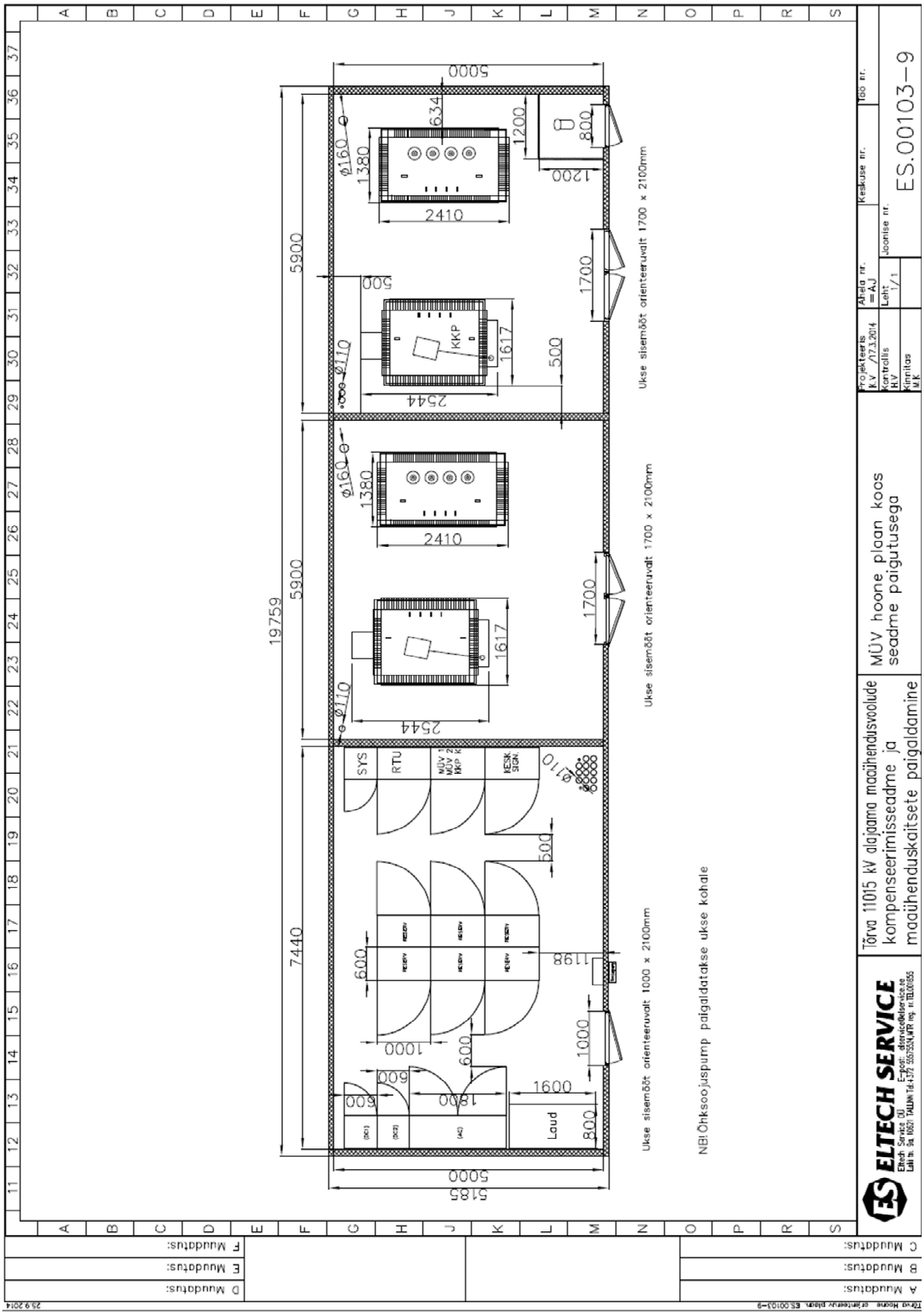
MÄRKUSED:
1. Juhtimisruumi põrandakatteks on keraamiline plaat
2. KKP ruumide põrandakatteks on EPO värv Temafloor GPL, toon RAL 7016
3. WC põrandakatteks on betoonvärv
4. Hoone ümber on 60mm betoonkivi
5. Juhtimisruumi seinad on kaetud seestpoolt seinavärviga RAL9001
6. KKP ruumide seinakatteks seestpoolt on raketiseploki pind

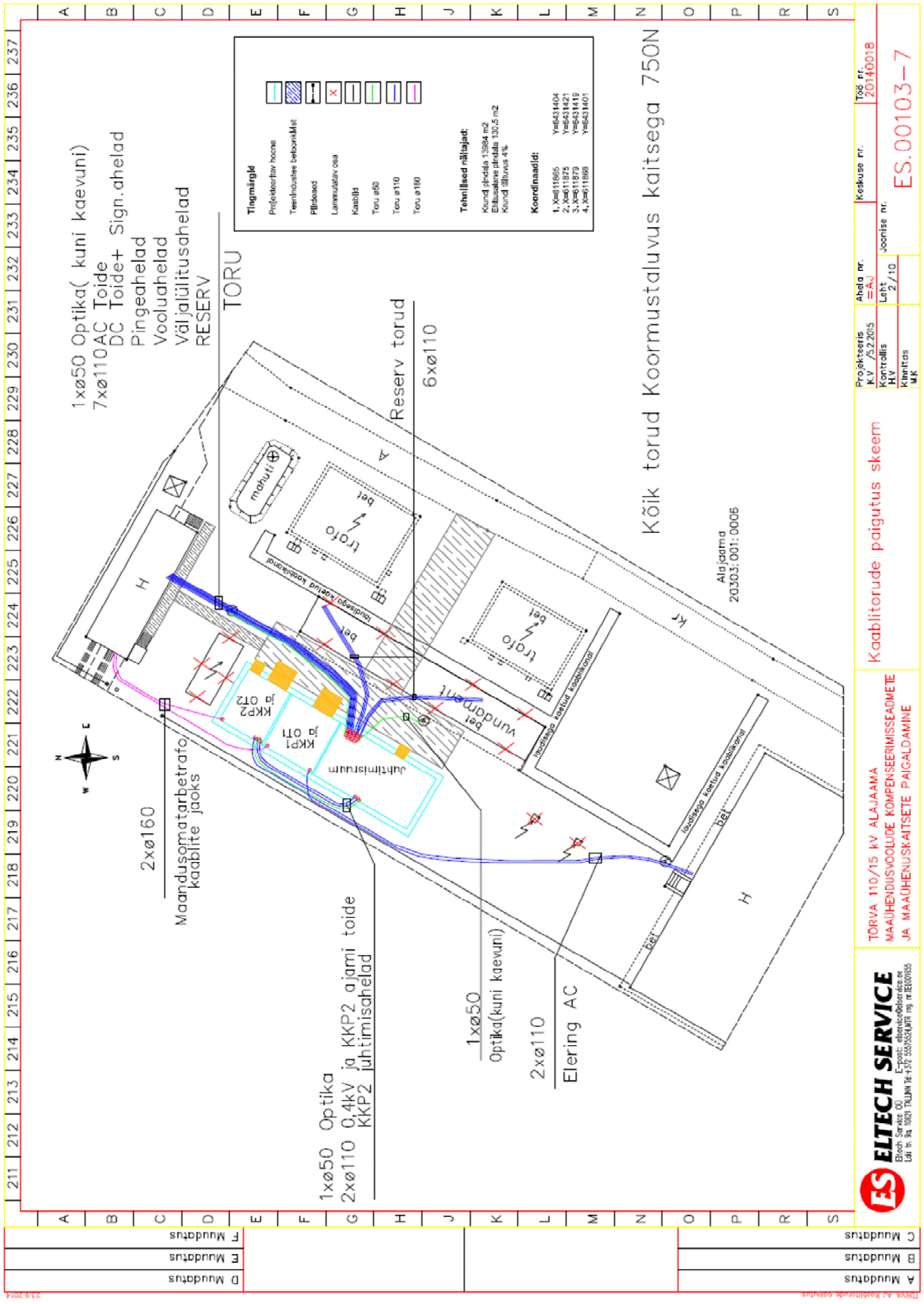
L.5. Tõrva alajaama katuseplaan



MÄRKUSED:
1. Hoone on projekteeritu ühekaldelise katusega 5°
2. Vihmaveesüsteem on varustatud küttekaabliga
3. Hoone katus koosneb 21sandwich paneelist
4. Üks sandwich paneel kinnitatakse 12 kinnituskruviga
5. Sandwichl kinnituskruve kulub katuse jaoks 252 tk
6. Katusel on olemas lumetõke.

L.6. Primaarosa seadmete, kaablitorude, paneelide ja kaabliredelite paigutus

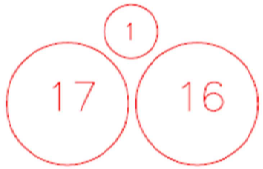



1xø50 Optika(kuni kaevuni)
7xø110 AC Toide
DC Toide+ Sign.ahelad
Pingeahelad
Vooluahelad
Väljalülitusahelad
RESERV
TORU
Reserv torud
6xø110
Kõik torud Koormustaluvus kaitsega 750N
Alajaama
20303:001:0006
2xø160
Maandusomatarbetrafo
kaablite jaoks
1xø50 Optika
2xø110 0,4kV ja KKP2 ajami toide
KKP2 juhtimisahelad
1xø50
Optika(kuni kaevuni)
2xø110
Elering AC
KKP2
ja OT2
KKP1
ja OT1
Juhtimisruum
vundament
trafo
bet
mahuti
Tingmärgid
Projekteeritav hoone
Teenindustee betoonkMst
Piirdeaed
Lammutatav osa
Kaablid
Toru ø50
Toru ø110
Toru ø160
Tehnilised näitajad:
Krundi pindala 13984 m2
Ehitusalune pindala 130,5 m2
Krundi tähtivus 4%
Koordinaadid:
1, X=611865 Y=6431404
2, X=611875 Y=6431421
3, X=611879 Y=6431419
4, X=611869 Y=6431401
Projekteeris
K.V /5.2.2015
Kontrollis
H.V
Kinnitas
M.K
Ahela nr.
=AJ
Leht
2/10
Joonise nr.
Keskuse nr.
Töö nr.
20140018
ES.00103-7
Kaablitorude paigutus skeem
TÕRVA 110/15 kV ALAJAAMA
MAAÜHENDUSVOOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE
JA MAAÜHENUSKAITSETE PAIGALDAMINE
ELTECH SERVICE
Eltech Service OÜ
E-post: elservice@elservice.ee
Lõi tn. 9a 10621 TALLINN Tel:+372 5557524,MTR reg. nr.TEE00155
A Muudatus
B Muudatus
C Muudatus
D Muudatus
E Muudatus
F Muudatus

611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637

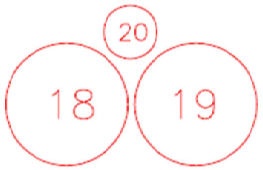
Juhtimisruumist Eleringi hoone suunas.
Antud läbilõige olemasolevas kaablikanali kaevus.

1) ø50 Optika(kuni kaevuni Eleringi hoone poole)
16) ø110 Elering AC (I väljund)
17) ø110 Elering AC (II Väljund)



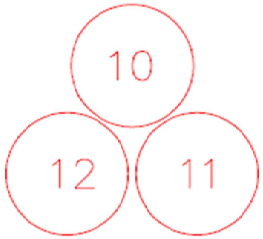
Juhtimisruumist KKP2 hoone suunas.
Antud läbilõige olemasolevas kaablikanali kaevus.

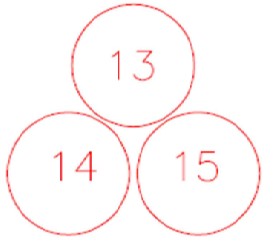
18) ø110 0,4kV ja KKP2 ajami toide
19) ø110 KKP2 juhtimisahelad
20) ø50 Optika



Juhtimisruumist trafode suunal
(suund täpsustatakse projekteerimise käigus)
ning millised lõpevad hoone
juurdepääsuteest väljaspool ning maapinnas
"pimedatega" kaetult.

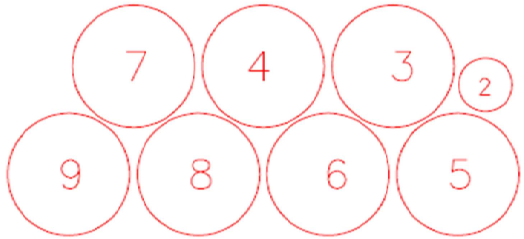
10) ø110 RESERV trafo C1T suunal
11) ø110 RESERV trafo C1T suunal
12) ø110 RESERV trafo C1T suunal
13) ø110 RESERV trafo C2T suunal
14) ø110 RESERV trafo C2T suunal
15) ø110 RESERV trafo C2T suunal





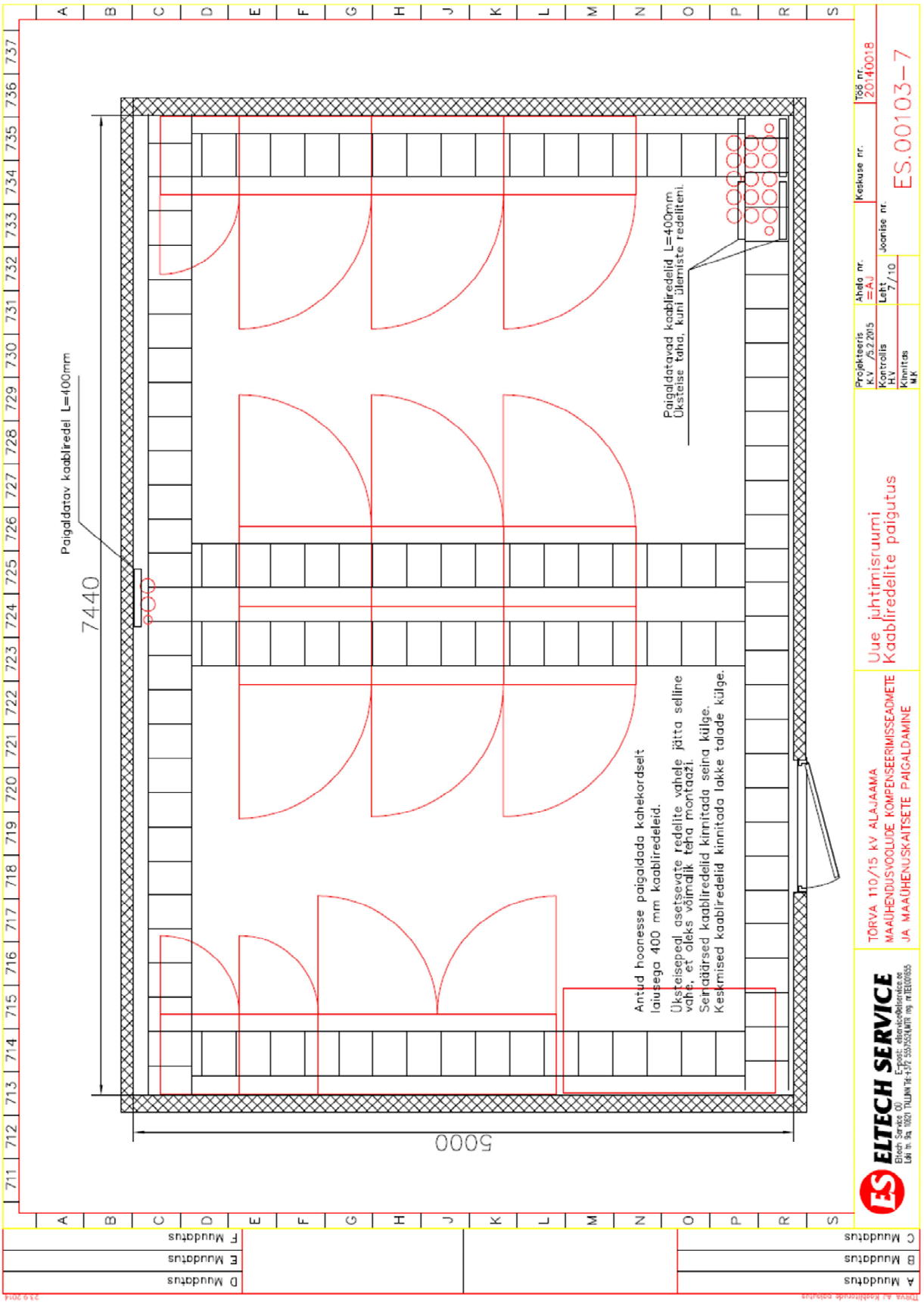
Juhtimisruumist 15 kV jaotla hoone suunas.
Antud läbilõige olemasolevas kaablikanali kaevus.

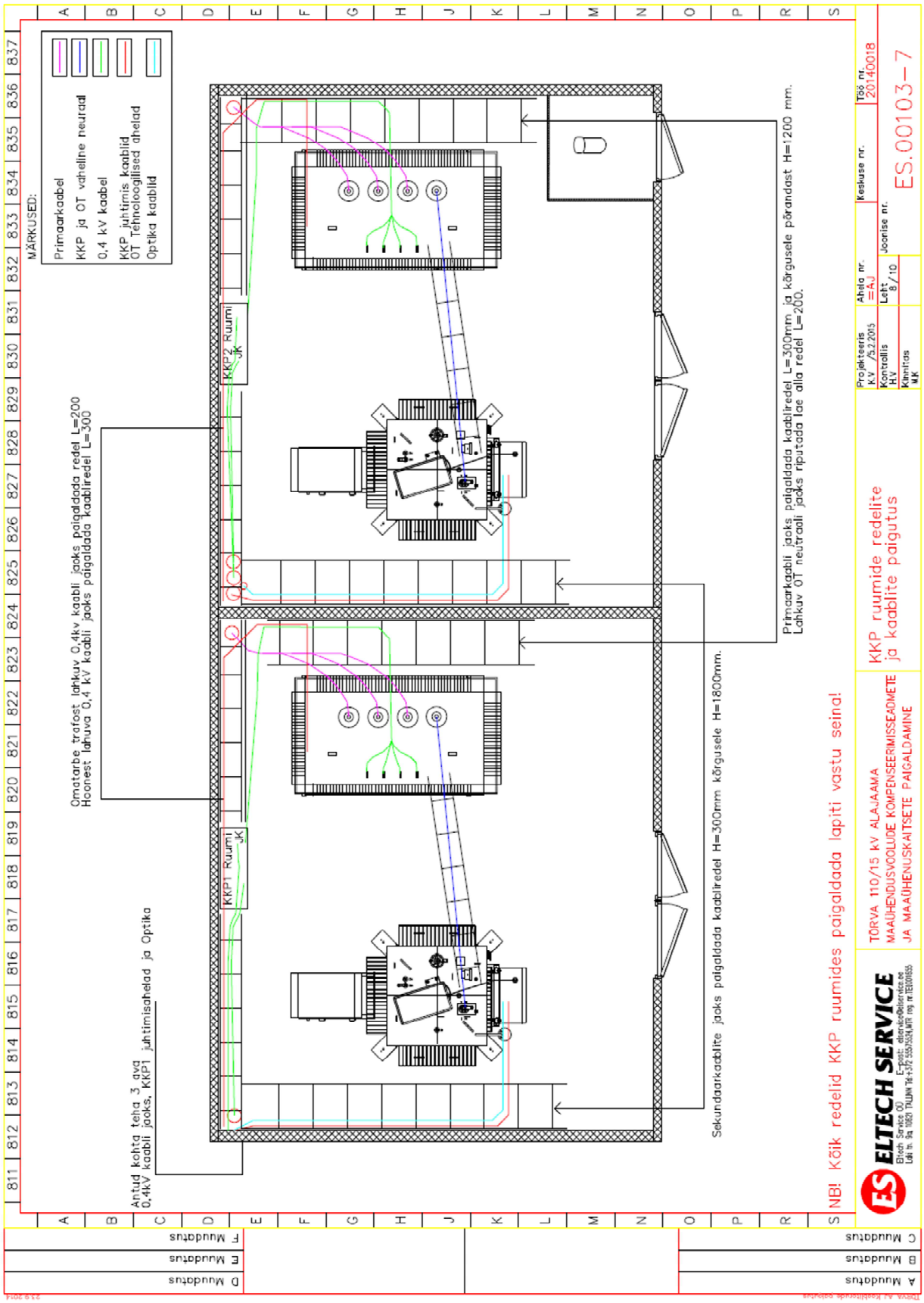
2) ø50 Optika(kuni kaevuni 15 kV jaotla poole)
3) ø110 AC Toide (I Väljund)
4) ø110 AC Toide (II väljund)
5) ø110 DC Toide+ Sign.ahelad
6) ø110 Pingeahelad
7) ø110 Vooluahelad
8) ø110 Väljalülitusahelad
9) ø110 RESERV (15 kV jaotlani)

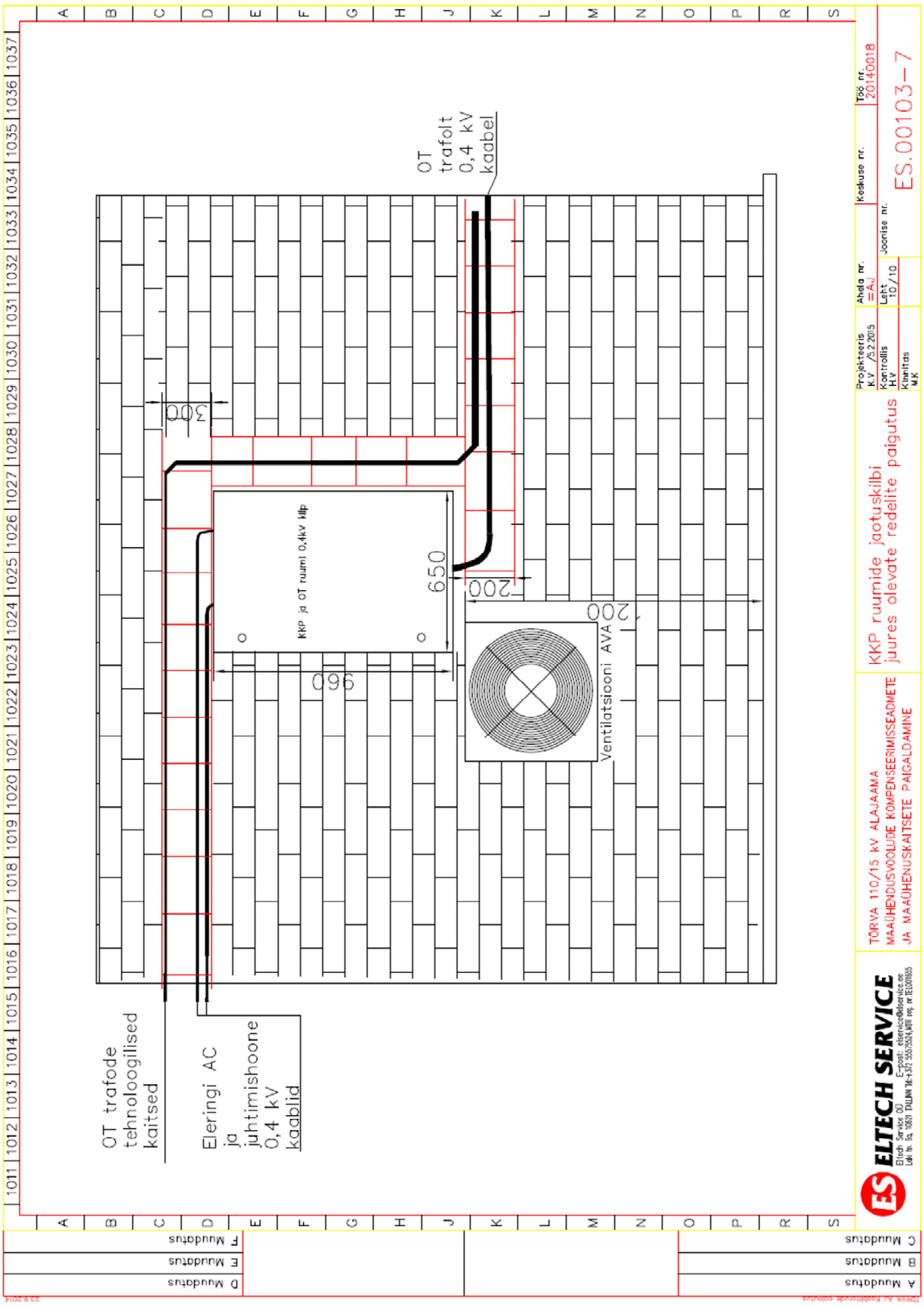


ELTECH SERVICE Eltech Service OÜ E-post: elservice@elservice.ee Laki tn. 9a, 10621 TALLINN Tel:+372 55575524,MTR reg. nr.TEL001655	TÕRVA 110/15 kV ALAJAAMA MAAÜHENDUSVOOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE JA MAAÜHENUSKAITSETE PAIGALDAMINE	Uue juhtimisruumi kaablitorude asetsemine pinnases (läbilõige)	Projekteeris K.V /5.2.2015 Kontrollis H.V Kinnitas M.K	Ahela nr. =AJ Leht 6/10	Keskuse nr. Joonise nr. ES.00103–7	Töö nr. 20140018

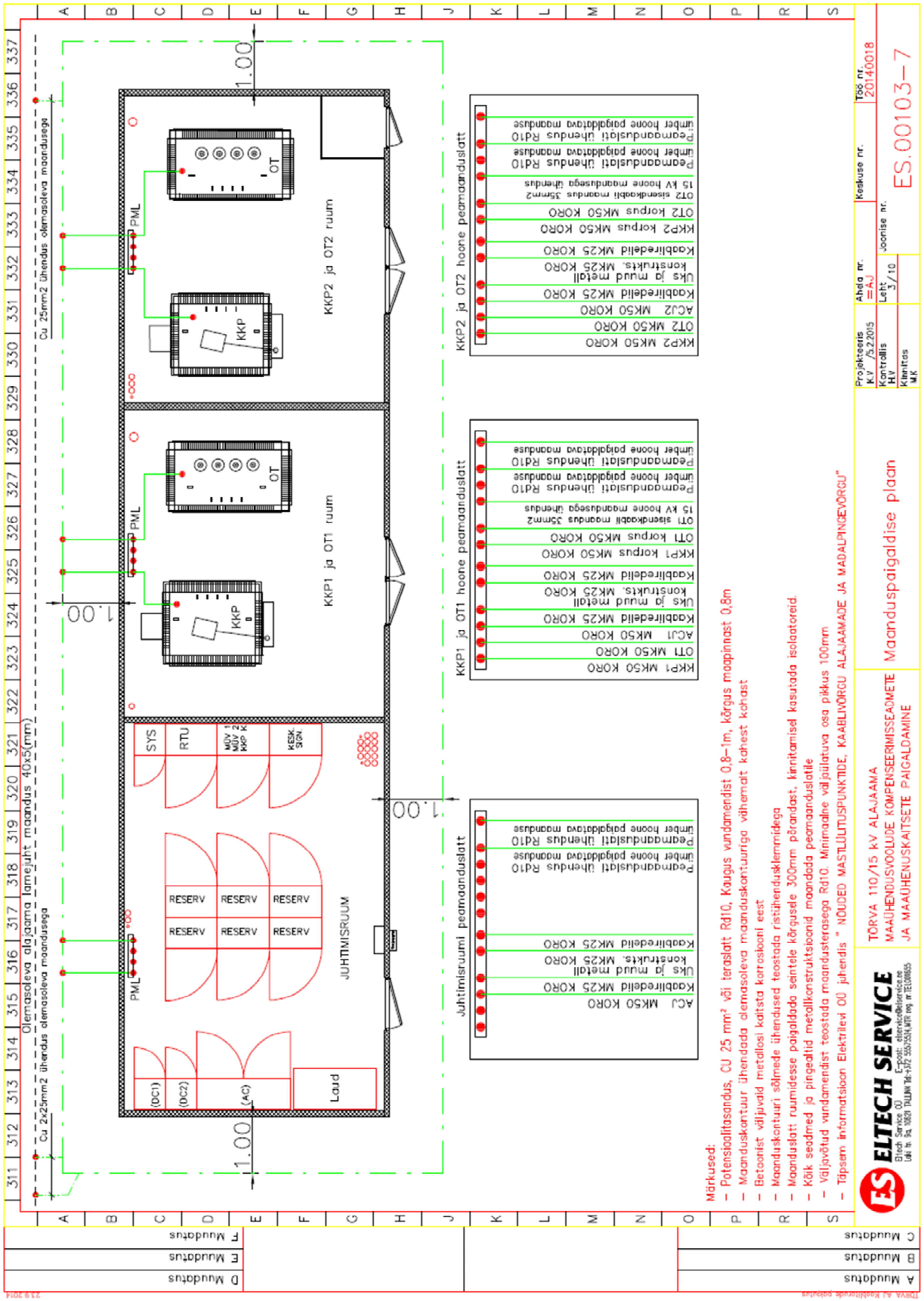
D Muudatus
E Muudatus
F Muudatus
A Muudatus
B Muudatus
C Muudatus
TÕRVA_AJ_Kaablitorude paigutus
23.9.2014


Paigaldatav kaabliredel L=400mm
7440
800
5000
Paigaldatavad kaabliredelid L=400mm
Üksteise taha, kuni ülemiste redeliteni.
Antud hoonesse paigaldada kahekordselt
laiusega 400 mm kaabliredeleid.
Üksteisepeal asetsevate redelite vahele jätta selline
vahe, et oleks võimalik teha montaazi.
Seiraäärsed kaabliredelid kinnitada seina külge.
Keskmised kaabliredelid kinnitada lakke talade külge.
Uue juhtimisruumi
Kaabliredelite paigutus
TÕRVA 110/15 kV ALAJAAMA
MAAÜHENDUSVOOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE
JA MAAÜHENDUSKAITSETE PAIGALDAMINE
ELTECH SERVICE
Projekteeris
KV 15.2.2015
Kontrollis
HV
Kinnitas
MK
Ahela nr.
=AJ
Leht
7/10
Joonise nr.
Keskuse nr.
Töö nr.
20140018
ES.00103–7

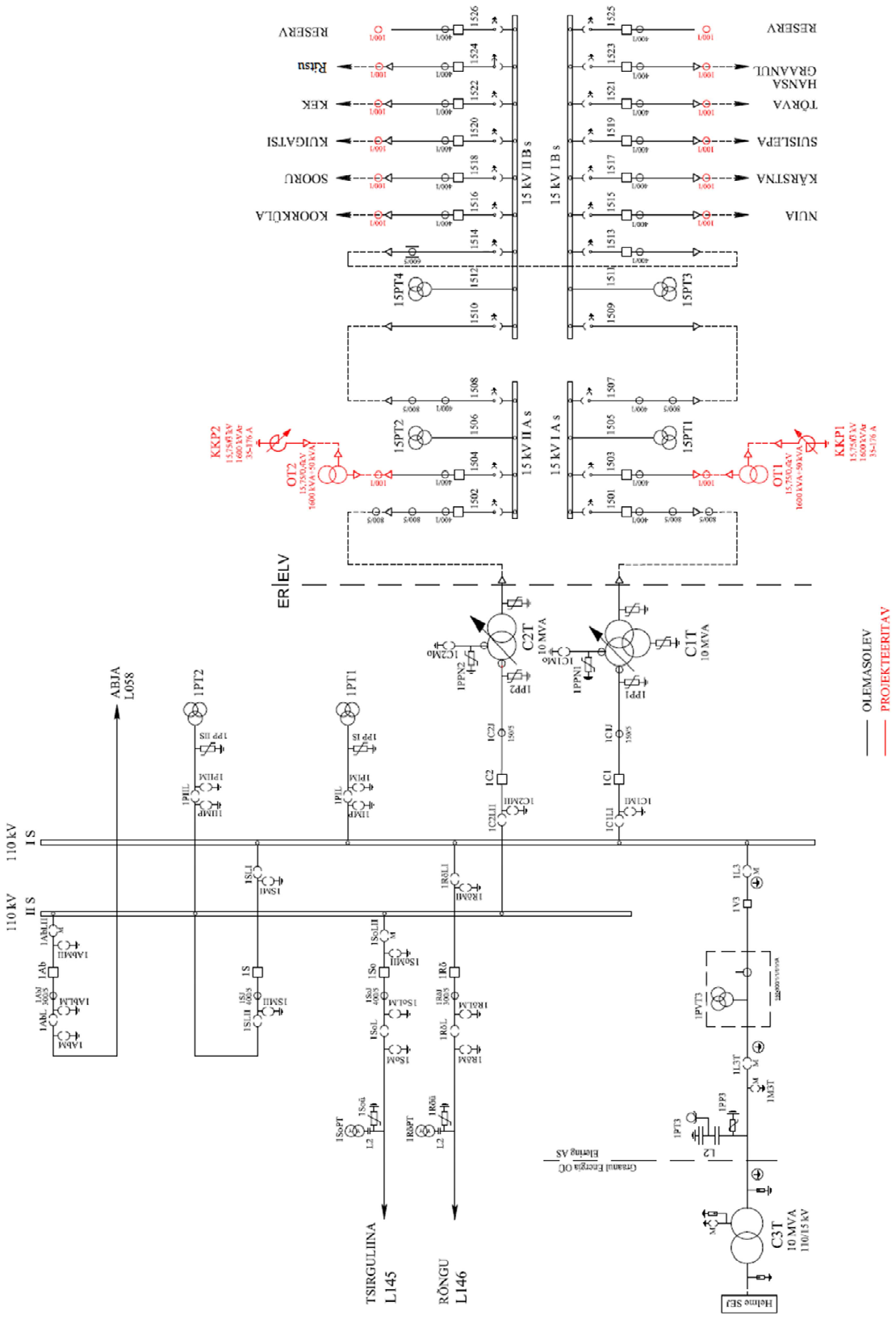

MÄRKUSED:
Primaarkaabel
KKP ja OT vaheline neutraal
0,4 kV kaabel
KKP juhtimis kaablid
OT Tehnoloogilised ahelad
Optika kaablid
Omatarbe trafost lahkuv 0,4kv kaabli jaoks paigaldada redel L=200
Hoonest lahuva 0,4 kV kaabli jaoks paigaldada kaabliredel L=300
KKP1 Ruumi JK
KKP2 Ruumi JK
Antud kohta teha 3 ava 0,4kV kaabli jaoks, KKP1 juhtimisahelad ja Optika
Sekundaarkaablite jaoks paigaldada kaabliredel H=300mm kõrgusele H=1800mm.
Primaarkaabli jaoks paigaldada kaabliredel L=300mm ja kõrgusele põrandast H=1200 mm.
Lahkuv OT neutraali jaoks riputada lae alla redel L=200.
NB! Kõik redelid KKP ruumides paigaldada lapiti vastu seina!
ELTECH SERVICE
TÕRVA 110/15 kV ALAJAAMA
MAAÜHENDUSVOOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE
JA MAAÜHENUSKAITSETE PAIGALDAMINE
KKP ruumide redelite
ja kaablite paigutus
Projekteeris
KV /5.2.2015
Kontrollis
HV
Kinnitas
MK
Ahela nr.
=AJ
Leht
8/10
Joonise nr.
Keskuse nr.
Töö nr.
20140018
ES.00103-7


OT trafolt 0,4 kV kaabel
300
650
960
200
200
KKP ja OT ruumi 0,4kV klp
Ventilatsiooni AVA
OT trafode tehnoloogilised kaitsed
Eleringi AC ja juhtimishoone 0,4 kV kaablid
ELTECH SERVICE
TÕRVA 110/15 kV ALAJAAMA
MAAÜHENDUSVÕOLUDE KOMPENSEERIMISSEADMETE JA MAAÜHENDUSKAITSETE PAIGALDAMINE
KKP ruumide jaotuskilbi juures olevate redelite paigutus
Projekteeris K.V 15.2.2015
Kontrollis H.V
Kinnitas M.K
Ahela nr. =A.J
Leht 10/10
Joonise nr.
Töö nr. 20140018
Kaskuse nr.
ES.00103–7

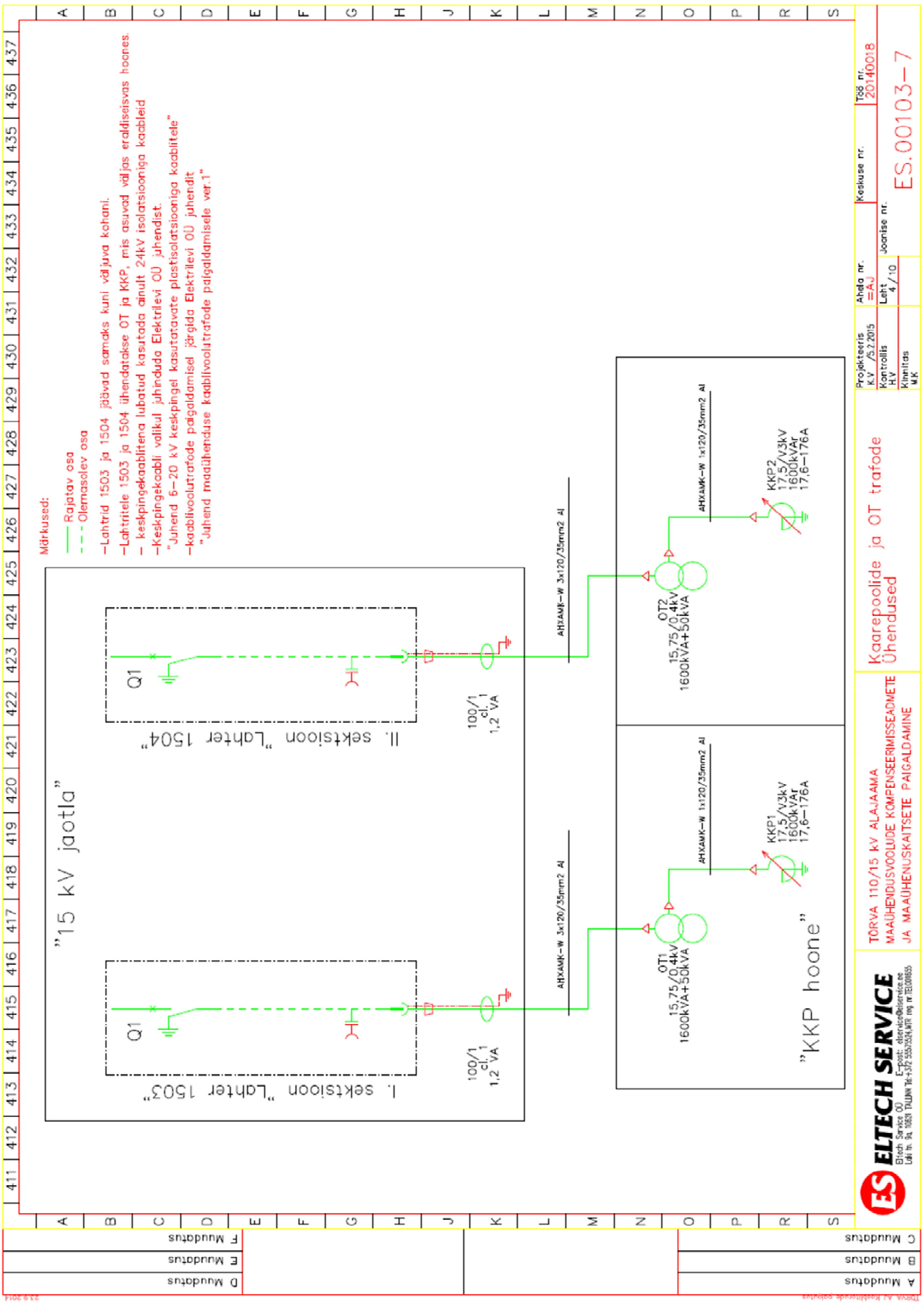
L.7. Maanduspaigaldise skeem



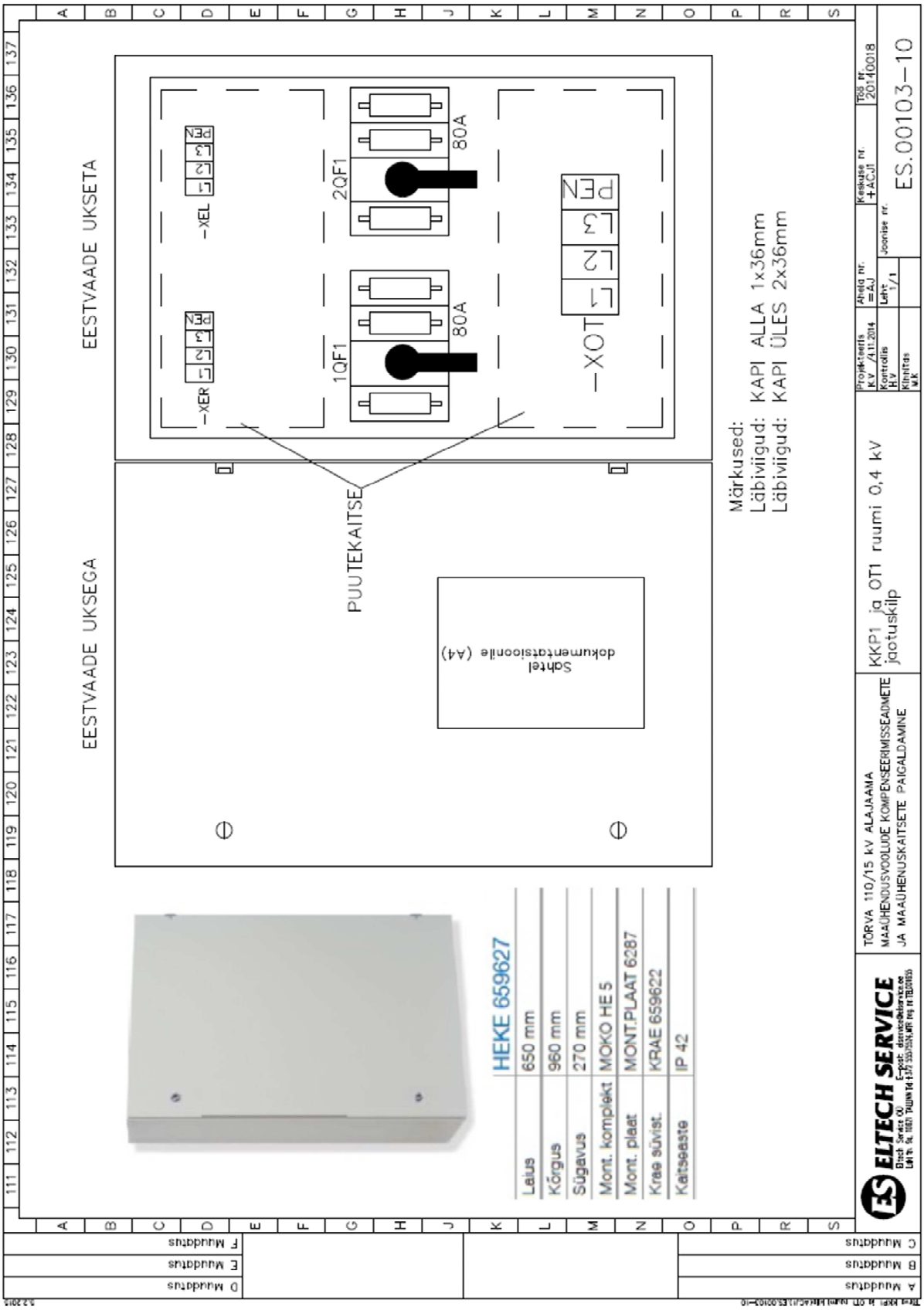
L.8. Maaühendusvoolude ja kompenseerimis seadmete paigaldamise skeem



L.9. 15 kV jaotla ja uute kaarepoolide sidumine



L.10. Omatarbe ahela sulavkaitse kilbi joonis



L.11. Piirkonna alajaamade vahelduvvoolukeskuste nõuded

Vastavus standarditele	EVS-EN 60 439-1; EVS-EN 60529
Materjal ja pinnatöötlus	Värvitud tsingitud plekk; paksus vähemalt 1,5 mm,
IP-aste	Avatud uksega vähemalt IP 20
Uksed	Avanevad vähemalt 120° (uksed peab olema elektriliselt ühendatud kestaga)
Lukustus	Mehaaniline sulgur
Kaitsekatted	Metallist, kinnitatud kruvikinnitustega
Latistus	Vastavalt projektile
Väliskaabelühendused	Eraldi kaablisektsioon
DC/AC invertor	Eraldi sektsioon, loomulik ventilatsioon vastavalt võimsusele
Väljuvate liinide kaitselülitid	Eraldi sektsioon
Sisendlülitid	Eraldi sektsioon
OT arvesti ja ahelad	Eraldi sektsioon
Eleringi OT arvesti (perspektiivne) ja ahelad	Eraldi sektsioon
Muu	Ventileeritav
	Dokumendisahtel ukse siseküljel, paigalduskoht uksel tähistatud
	Ustel selgitavad graveeritud silttähised
Juhistikusüsteem	TN-S
Juhistiku materjal	Cu
Ristlõiked	Vastavalt projektile
Markeeringud	Vastavalt nõuetele
Sisendlülitid	Vastavuses standardile EVS-EN 60947-2. Kohtkindlad.
	Kaitsefunktsioonidega, kolmepooluselised, mootorajamiga et oleks RLA teostamise võimalus. Paralleeltöö elektrilise blokeeringuga. Kaitselahutusmehhaanikaga, sisselülituslukustusega.
Väljuvate liinide kaitselülitid	Vastavuses standardile EVS-EN 60898-1
	Vastavalt projektile ühe ja/või kolmepooluselised, kaheastmelise liigvoolukaitsega.
	Kaitselülitite alarmeerivad abikontaktid .
	Väljuvate fiidrite arvu ja nimivoolud määrab pakkuja ja kooskõlastab tellijaga tehnilise projekti staadiumis. Reservis vähemalt 4 ühepooluselist C10, 4 ühepooluselist C16 ja 3 kolmepooluselist C16 kaitselülitit.
3-faasi toitepesa 32A (*CEE wall socket*)	Keskuse välisküljel, komplektis pistikuga
Voolutrafod omatarbe energia arvestuseks	klass 0,2s
Voolutrafod kombimeetrile	klass 0,5
Kombimeeter	Pingete ja voolude mõõtmine ja kohapealne indikatsioon
	RTU-ga protokolliline sidumine
Pingekontroll sisestustel	Ettenähtud, teostada pingekontrolli releega. Kõigi faasipingete üla-/alapinge sätte seadistusega. Alarmeerimisega RLA terminalil ja sellelt RTU-sse
Sisestustevaheline reservilülitusautomaatika (RLA)	Fiidriterminal. Sisestustevaheline viite sätestamisega reservilülitusautomaatika, mnemoonikaga ja displeilt sisendlüliteid ning reziime juhtiv fiidriterminal, LED-id AC-keskuse alarmide esitamiseks.
	RTU-ga protokolliline sidumine
Sisendlülitite juhtimine	Terminali mnemoonikalt juhitav; lisaks lülititelt
Mõõtmised RTU-sse	Edastada vahelduvpinge ja faaside koormusvoolude mõõtmised RTU-sse
Arvesti(d)	Ettenähtud ELV nõuetele vastavad arvestid aktiivenergia arvestuseks ja kauglugemiseks

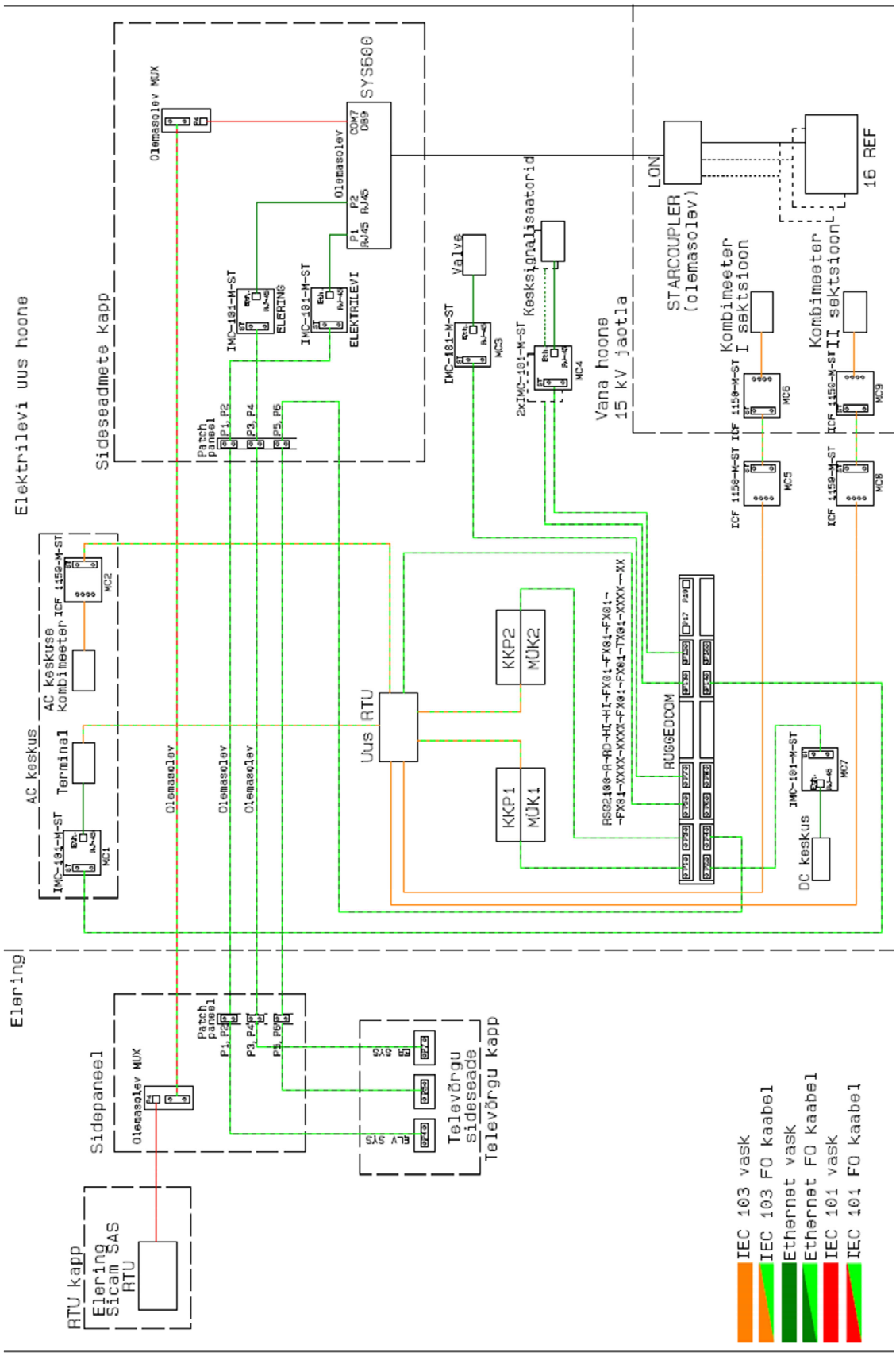
L.12. Tõrva kaarekustutus pooli andmed

Nõuded		**Pakkumus**
Eesti keeles	Parameetrid, kirjeldus	Andmed, tüüp, kirjeldus, lisainfo / Type, description, information
Üldist /General		
Täielik paigaldus ja testimine	Ettenähtud/required	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Kaarepooli tehnilised andmed / ARC suppression coils technical parameters		
Kogus	x	2
Tootja	x	EGE, spol. s r.o
Tüüp	x	ASR 1.6P
Testprotokollid	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Nimivõimsus	kVAr	1600 kVar
Sagedus	Hz	50 Hz
Nimipinge	kV	$17,5/\sqrt{3}$ kV
Nimivool	A	176 A
Maks. lubatud pinge	kV	$17,5/\sqrt{3}$ kV
Kaod nimivoolul	W	18000 W
Pidev töö	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Voolu reguleerimispiirkond	A/A	17,6 A/176 A
Puutekindlad kaabliühendused	x	☒ Yes ☐ No
Voolutrafo	A/A	200 A/1 A
Lisamähise võimsus ja tööaeg	V/A/s	500 V, 80A 90 s
Pingemõõtemähis	V/A	100V/1A
Koormustakisti	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Takisti võimsus	kW	40kW
Takisti nimivool, -pinge	V/A	500V/80 A
Takistus	Ohm	6,25 Ohm
Lubatud tööaeg	sec	90 s
Max. ümbritseva keskkonna temp.	^{0}C	-40 /+40 ^{0}C
Loomulik õli-õhk jahutus	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Kontakttermomeeter	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Õlitaseme indikaator	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Vaskmähis	x	☒ Jah/Yes ☐ Ei /No
Kaal	kg	4400 kg
Õli kaal	kg	1450 kg
Mõõdud (kõrgus/ laius/ sügavus)	x	2090/1620/2550* (*resistor included)

L.13. Tõrva maandusomatarbetrafo andmed

/Tootja	x	Schneider Electric Energy Poland Sp. z o.o.
Tüüp	x	TUOSN 800/15
Kogus	tk/pcs	2
Testprotokollid	x	☒ Yes ☐ No
KP mähise võimsus	kVA	1650 kVA
MP mähise võimsus	kVA	50 kVA
sagedus	Hz	50 Hz
KP mähise nimipinge	kV	15,75 kV
KP mähise nimivool	A	1,83 A
Pidev lubatud neutr. vool	A	176 A
MP mähise nimipinge	kV	0,4 V
MP mähise nimivool	A	72,2 A
KP mähise lülitusgrupp	ZN	ZN
MP mähise lülitusgrupp	(d)yn	yn
d mähis	x	☒ Yes ☐ No
Müratase	x	55 dB
Jahutus	x	ONAN
0.4kV mähise lühispinge	x	1,5 %
Kaod	x	1270 W
Tühijooksukaod	x	1150 W
Koormuskaod	x	120 W
Tühijooksuvool	x	0,61 %
KP impulsspinge taluvus	kV	95 kV
KP vahelduvpingetaluvus	kV	38 kV
Tafopaagi konstruktsioon /hermeetiliselt suletud	x	☒ Yes ☐ No
Kaal	x	3770 kg
Inhibited / õli vastavus standardile IEC 60296	x	☒ Yes ☐ No
Õli kaal		1200 kg
Puutekindlad kaabliühendused	x	☒ Yes ☐ No
Mõõdud	Height	1790
	Width	2540
	Depth	1450
Kontakttermomeeter 2 Kontaktiga	x	☒ Yes ☐ No
Termomeetri tüüp	x	TEK-16

L.14. Tõrva AJ RTU seadmed

Nõuded	**Pakkumus**– täita eesti keeles
Eesti keeles	Andmed, tüüp, kirjeldus, lisainfo / Type, description, information
Telemehaanika seade / Remote terminal unit (RTU)	
Tootja, tüüp	Martem GW6e. ST
Andmeside protokoll SCADA-ga ühendamiseks	IEC-60870-5- 104
Sideliidesed	1xST optiline serial liides, 3x RJ 45 Ethernet liidesed, 1x 485/422 port, 8x RJ45 RS232 porti, 1x RJ12 RS232 porti, 1x GPS plast-optiline port, 1x IRF, Lisaks 1x Ruggedcom RSG2100 (10xST,2xRJ45) rajatavate ja perspektiivsete terminalide ühendamiseks.
Protokoll kaitseterminalide ja automaatikaseadmete ühendamiseks	IEC 60870-5-101/103/104, Modbus-RTU/TCP
Protokoll kombimeetrite ühendamiseks	IEC60870-5-103
Seadmed ja liidesed kontaktinfo kogumiseks	Telem-DI24-T 1tk
Seadmed ja liidesed mõõteinfo kogumiseks	Telem-AI12-T 1tk
Seadmed ja liidesed juhtimiste teostamiseks	Telem- DO5-T 2tk
Mõõtekanalite testimine ja protokollide vormistamine	Jah
RTU tarkvara(d)	Telem-GWS
GPS	
Tootja, tüüp	Martem GPS
Teleseadme aja sünkroniseerimine (protokoll, meetod))	NMEA0183
Kaitseterminalide aja sünkroniseerimine (protokoll, meetod)	IEC60870-5-103

L.15. Tõrva IP skeem