



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

ETTEVÕTE VIRU ELEKTRIVÕRGUD ELEKTRIVARUSTUSE SÜSTEEM

The Power Supply System of Viru Elektrivõrgud

ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Pavel Skubnev

Üliõpilaskood: 207576EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Pavel Skubnev (sünnikuupäev: 28.12.1999)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Ettevõtte „Viru Elektrivõrgud“ elektrivarustuse süsteem, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Pavel Skubnev, 207576EDJR

Õppekava, peeriala: EDJR, Energiatehnika

Juhendaja(d): vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant:

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ettevõtte *Viru Elektrivõrgud elektrivarustuse süsteem*

(inglise keeles) *The Power Supply System of Viru Elektrivõrgud*"

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Viru Elektrivõrgud elektrivarustussüsteemi seisundi analüüs
2. Viru Elektrivõrgud elektrivarustussüsteemi usaldusväärsuse suurendamine
3. Kaabli valik
4. Lühisevoolu arvutamine
5. Pingekadu arvutamine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Viru Elektrivõrgud elektriliste koormuste arvutamine	31.12.23
2.	Viru Elektrivõrgud madalpingevõrgu skeemi moderniseerimine ja arvutus	25.01.24
3.	Viru Elektrivõrgud elektrivarustuskindluse tõstmine	27.03.24
4.	Viru Elektrivõrgud tehnoloogiliste seadmete arvutusliku võimsuste määramine	23.04.24
5.	Töö vormistamine	15.05.24

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: 20.05 2024a

Üliõpilane:
/allkiri/

"....."..... 20.....a

Juhendaja:

"....."..... 20.....a

/allkiri/

Konsultant:

/allkiri/

“.....” 20.....a

Programmijuh:

/allkiri/

“.....” 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	8
SISSEJUHATUS	8
VIRU ELEKTRIVÕRGUD OÜ	9
1. ELEKTRIVÕRKUDE KASUTAMINE PINGEL 0,4 KV	10
1.1. Eesti elektrivõrk.....	10
1.2. Lühisevoolude tüübid 0,4 kV võrkudes	11
1.3. Kaabli valik.....	14
2. PÕHIOSA.....	15
2.1. Muudatuste skeem moderniseerimiskohas.....	15
2.2. Tarkvara kasutamine töös	16
3. ARVUTUSED TARKVARAS, KILPIDE JA NORMAALVADE SKEEMIDE VÄLJATÖÖTAMINE	17
3.1. Kilpide skeem	17
3.2. Tööde teostamise üldprojekt.....	17
3.3. Lühisvoolude ja pinge languse arvutused	18
KOKKUVÕTE	22
SUMMARY.....	23
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	24
GRAAFILINE OSA.....	25

EESSÕNA

Elektrienergia hankimine - elektrienergia ülekanne elektrijaamadest läbi kõrgepingeliinide ja alajaamade lõppkasutajateni, tagades elektrienergiat erinevateks vajadusteks. [1]

Elektrienergia hankimine algab elektrijaamadest, kus toodetakse elektrienergiat. On mitut tüüpi elektrijaamu: soojuselektrijaamad, tuumaelektrijaamad, hüdroelektrijaamad ning jaamad, mis töötavad taastuvate energiaallikatega: päikese- ja tuuleelektrijaamad. [1]

Pärast elektrienergia tootmist suunatakse see kõrgepingeliinide kaudu, et vähendada elektrienergia kaotusi. Seejärel jõuab elektrienergia alajaamadesse, kus pinget vähendatakse vajalikule tasemele ja seda jaotatakse edasi majapidamistele, ettevõtetele ja teistesse tarbimiskohtadesse. [1]

Töös on esitatud analüüs ettevõtte Viru Elektrivõrgud elektrivarustussüsteemist, tuvastatud selle süsteemi puudused ja antud soovitusel võrguelementide usaldusväärsuse suurendamiseks.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AXPK - alumiiniumjuhtmetega ja XLPE isolatsiooni ja halogeenivaba kestaga 1 kV jõukaabel

XLPE - ristseotud polüetüleen (cross-linked polyethylene)

TM - õlitrafo

SISSEJUHATUS

Seoses Viru Elektrivõrkude võrgu piirkonna maa-aluste kaablite moderniseerimisega Sillamäe linnas on seatud eesmärk projekteerida ja arvutada elektrivarustussüsteem. Elektrivarustussüsteem on elektrienergia allikate, elektriülekandeliinide, jaotusseadmete ning kaitsevahendite kogum, mis on omavahel ühendatud ühtse töörežiimiga. [1]

Elektrienergia varustuse põhiseadmeteks on elektrijaama generaator, alajaamad, jõutransformeerijad pingega 110 kV, 35 kV, 10 kV, 6 kV ning jaotusseadmed. Elektrienergia peamiseks tarbijateks on tänavavalgustuse laternad ja kodumajapidamiste kodutehnika.

Antud töö eesmärgiks on Viru Elektrivõrkude ettevõtte

- elektrivarustussüsteemi seisundi analüüs,
- elektrivarustussüsteemi usaldusväarsuse suurendamine ühe Sillamäe linna tänava piirkonna võrgustikus,
- 0,4 kV võrkude arvutamine ja projekteerimine,
- kaablite ja elektriseadmete valik energiatõhususe suurendamiseks ja süsteemi moderniseerimiseks. [1]

Elektrivarustuse usaldusväarsust määrab kõigi elektrisüsteemi elementide tõrgeteta töö. Seadmete võimalike kahjustuste tüübid on mitmekesised ja mitte alati diagnoositavad, kuna paljudel juhtudel katkestuse põhjus on teadmata. [1]

VIRU ELEKTRIVÕRGUD OÜ

Viru Elektrivõrgud põhitegevuseks on elektrienergia edastamine tarbijateni.

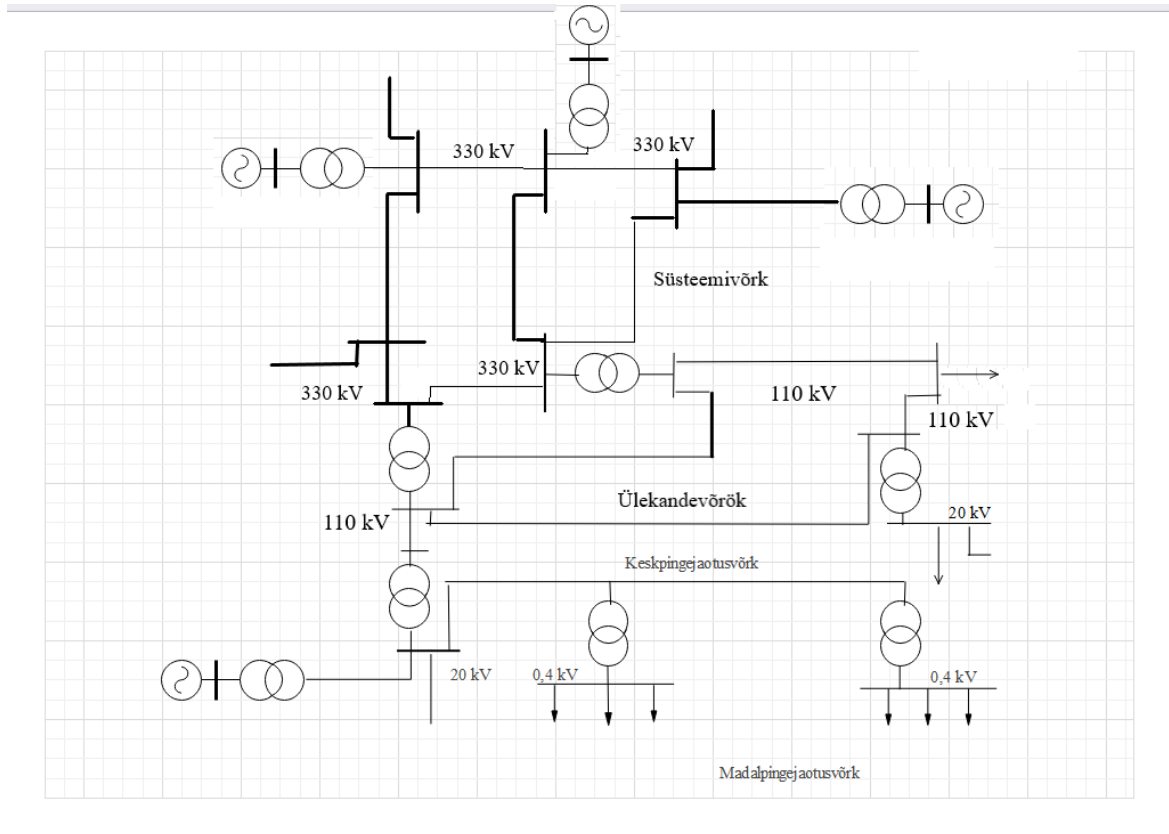
Ettevõtte on kolmandal kohal elektrienergia müügi mahu poolest. Teeninduspiirkond hõlmab kolme suurt linna - Narva, Sillamäe ja Narva-Jõesuu ning tagab elektrienergiat rohkem kui 70 000 elanikule Ida-Virumaal. Ettevõttel on üle 374 madalpinge ja keskpinge alajaama ning samuti 946 kilomeetrit elektriliine. [2]



Joonis 1 [3] Joonis näitab Viru Elektrivõrkude teenindussissepääsu

1. ELEKTRIVÕRKUDE KASUTAMINE PINGEL 0,4 KV

1.1. Eesti elektrivõrk



Joonis 1.1 [4] Skeem näitab Eesti elektrivõrgu hargnemist

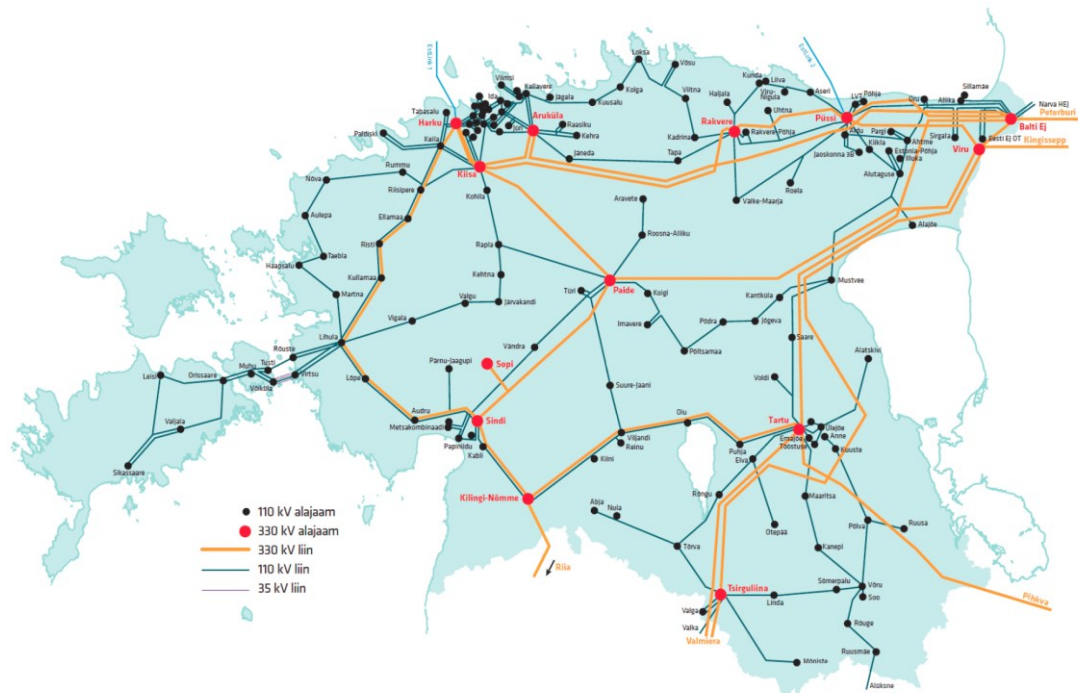
Elektrivõrkude peamine eesmärk on tagada elektrienergia ülekandmine selle allikatest lõppkasutajateni. Kaasaegsed elektrivõrgud on keerukad süsteemid, ja erinevate riikide energiasüsteemid on omavahel ühendatud. [5]

Peamised elektrivõrgu komponendid on:

- A) Elektriülekandeliinid;
- B) 110 kV, 35 kV, 10 kV, 6 kV transformatorid;
- C) Mõõteseadmed; ampermõõturid, voltmõõturid, võimsusmõõturid;

AS Elering omab kogu põhivõrku Eestis, sealhulgas ühendusi naaberriikidega, mis on AS Eleringi ja vastava naaberriigi peamise võrguettevõtte ühine omand. [5]

Eesti Energia elektri jaamad Narva lähedal on Eesti suurimad elektrienergia tootmise allikad. Samal ajal on suurim elektrienergia tarbimine täheldatav Tallinnas ja selle lähedal asuvates piirkondades. [5]



Joonis 1.2 [5] Joonisel on kujutatud Eesti energiasüsteemi

Nagu näha skeemil 1.2, meie energiasüsteem on ühendatud teiste riikidega: Venemaa, Soome ja Läti. Kõik 110–330 kV liinid on ühendatud elektri jaamadega Eestis. Eesti energiasüsteem on ühendatud Venemaa energiasüsteemiga. Samuti on meil ühendused kahe alalisvoolukaabli kaudu Soomega: Estlink 1 ja Estlink 2. [5]

1.2. Lühisevoolude tüübid 0,4 kV võrkudes

Lühisvoolude arvutused on vajalikud õigete seadmete, elektrivarustuse ja kaablite valiku jaoks. [6]

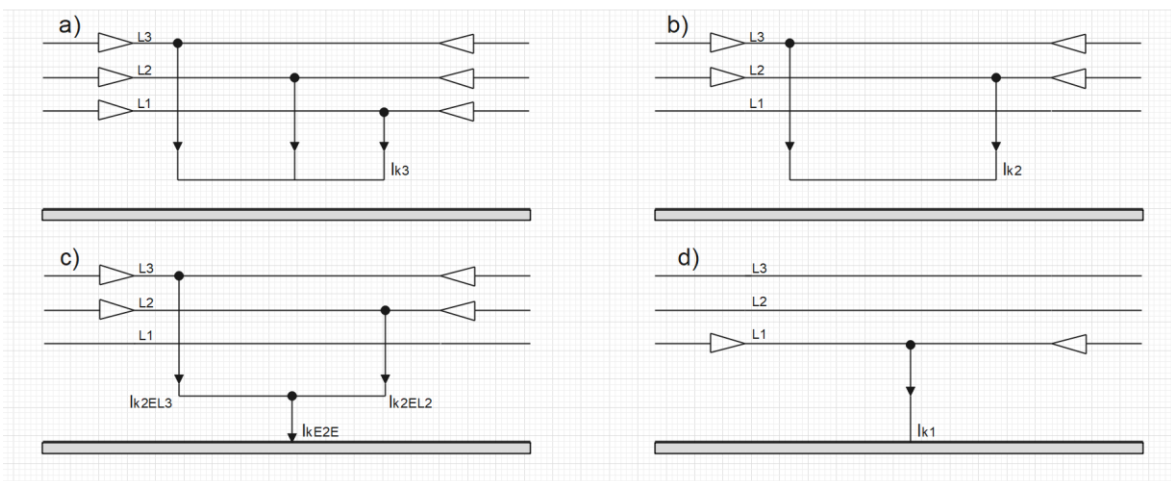
0,4 kV võrkudes tuleb arvestada erinevate tüüpide takistustega: induktiivne ja aktiivne takistus, et valida sobivad kaablid, transformatorid ja kaitsemeetmed. [6]

Seadmete valikul tuleb arvestada elektriskeemide töörežiimidega. [6]

On olemas režiime, kus arvestatakse maksimaalset töötingimust, mille käigus lühisvoolud saavutavad oma maksimaalse väärtuse. Selles režiimis võetakse arvesse mootorite käivitumisel ja isekäivitumisel tekkivad voolud, et vältida võrgus kaitseseadmete tööd. Võrgus olevate kaitseseadmete tundlikkuse kontrollimiseks kasutatakse minimaalset režiimi, kus kasutatakse minimaalseid väärtusi, et kontrollida mootorite isekäivitumise ja käivitumise võimalust. [6]

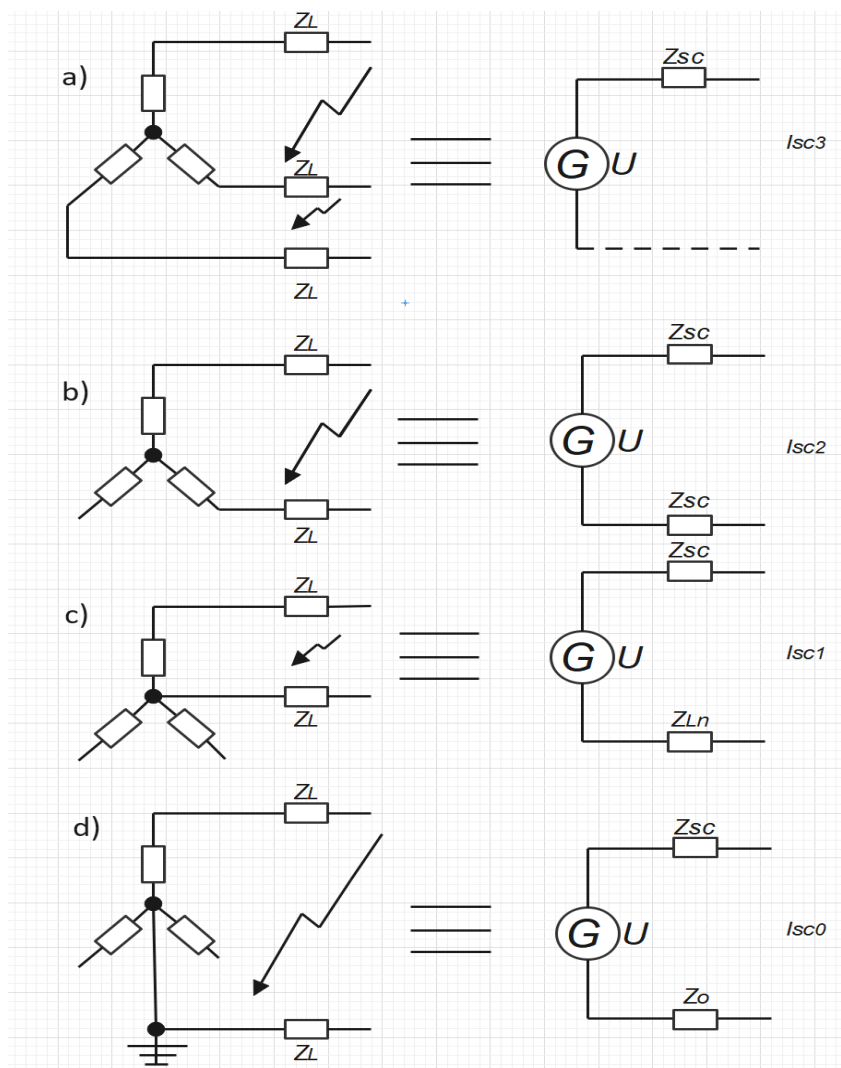
Lühisevoolude erinevaid tüüpe on mitmeid:

- A) Kolmefaasiline lühis faaside vahel
- B) Lühis kahe faasi vahel
- C) Lühis kahe faasi vahel maa vastu
- D) Faasi lühis maa vastu



Joonis 1.3 [7] Joonis näitab erinevaid lühisvoolude tüüpe: a) kolmefaasiline lühis b) faasidevaheline lühis c) faasidevaheline lühis maa vastu d) ühefaasiline lühis maa vastu.

Lühisvoolude arvutused sõltuvad lühisvoolude tüübist.:



$$I_{sc3} = \frac{U \div \sqrt{3}}{Z_{sc}} ; I_{sc2} = \frac{U}{2 \times Z_{sc}} ; I_{sc1} = \frac{U \div \sqrt{3}}{Z_{cs} + Z_{Ln}} ; I_{sc0} = \frac{U \div \sqrt{3}}{Z_{cs} + Z_o}$$

Joonins 1.4 [7] Joonis näitab erinevaid lühisvoolude tüüpe: a) kolmefaasiline lühis, b) faasidevaheline lühis, c) faasidevaheline lühis maa vastu, d) ühefaasiline lühis maa vastu,

kus:

Z_o - nulljärjestuse täielik takistus

Z_{sc} - sissetulev takistus võrgus kolmefaasilise lühise korral

Z_L - takistus ahela või kahe terminali võrgu kahe sõlme vahel harmoonilise signaali jaoks. [7]

1.3. Kaabli valik

Kaabli ristlõike ja pikkuse valiku tingimused:

A) Kaabli lubatud soojenemine [7]

B) Töö normaalses režiimis ei tohiks ületada kaabli dokumentatsioonis määratud lubatud soojenemist. Kaabli valikul tuleb arvestada läbiva vooluga, mis seda läbib, et vältida isolatsioonikahjustusi ja lühiseid kuumusest. [7]

C) Kaablite ülekoormuskaitse tagamine:

Pideva koormuse all töötavad elektriseadmed peavad olema varustatud kaitsevarustusega, et vältida elektriseadmete süttimist. [7]

2. PÕHIOSA

2.1. Muudatuste skeem moderniseerimiskohas

Selleks, et projekteerija suudaks arvutada lühisvoolu, pingelangust, oli vaja luua skeem 0,4 kV kaablitele, jaotuskilpidele ja normaalvahedele. Selleks, et tagada katkematu elektrivarustus ja vähendada pingelangust, projekteerijale on äärmiselt oluline omada täpset ettekujutust sellest, millised kaablid tulevad alajaamadest, millistest fiidritest, millistesse jaotuskilpidesse suunatakse, samuti, kus on võrgus normaalvahed.

Normaalvahed on märgitud, et arvutada lühisvoolusid ning tulevikus hoolduse ja kaabli remondi jaoks ilma kogu võrgupiirkonna väljalülitamiseta, vaid mõnede tarbijate väljalülitamisega.

Enne projekteerijale töö edastamist autor viis isiklikult läbi lühisvoolu arvutused, kasutades spetsialiseeritud tarkvara. See võimaldas saada täpsed andmed maksimaalsete lühisvoolude kohta, mis võivad tekkida erinevates ahela osades lühise korral.

Sobiva minimaalse kaabli ristlõike valikul võttis autor arvesse kaabli pikkus, võrgu koormus ja asjaolu, et kaabel paigaldatakse maa alla. Kõik need andmed edastas autor projekteerijale edasise projektiarenduse jaoks.

Töö käigus autor kasutas valemeid, mis on seotud erinevate võimsusaspektidega elektrisüsteemides. See hõlmas valemite kasutamist aktiivse, kogu- ja reaktiivse võimsuse arvutamiseks.

Aktiivne võimsus arvutatakse järgmise meetodika järgi [9]:

$$P = U \times I \times \cos\varphi$$

Reaktiivne võimsus arvutatakse järgmise meetodika järgi [9]:

$$Q = U \times I \times \sin\varphi$$

Summarne võimsus arvutatakse järgmise meetodika järgi [9]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

2.2. Tarkvara kasutamine töös

Projektitöös kasutas autor rohkem tarkvaravahendeid lühisvoolude, pingelanguse ja teiste elektrivõrkude parameetrite arvutamiseks. See võimaldas mitte ainult aega säästa, vaid ka tulemuste täpsust suurendada. Võrreldes käsitsi arvutamisega kalkulaatori või valemitega, pakuvad programmid mugavamad ja kiiremat viisi keerukate arvutuste tegemiseks. Programmid võimaldavad juurdepääsu täiustatud funktsioonidele ja andmebaasidele, muutes arvutusprotsessi tõhusamaks ja usaldusväärsemaks.

3. ARVUTUSED TARKVARAS, KILPIDE JA NORMAALVADE SKEEMIDE VÄLJATÖÖTAMINE

Projekteerijale autor koostas **skeem 1**, mis võimaldas mõista elektriskeemi antud lõigul. Pärast seda esitas projekteerija oma **skeemi 2** tööde tegemiseks korraldatud konkursil.

3.1. Kilpide skeem

Lõpptulemusena saatis projekteerija valminud **skeemi 2**, mis vastab võrgu moderniseerimise tellimusele ja täitmise standarditele.

Projekteerija tegi tööd lühisvoolude, pingelanguste ja samuti autori skeemis märgitud normaalvahede arvutamisel. Skeem oli koostatud vastavalt kõigile Eesti Vabariigi standarditele.

3.2. Tööde teostamise üldprojekt

Projekteerijale esitatavate nõuete määratlemiseks koostas autor üksikasjaliku plaani, mis näitab vajalikku töömahtu antud alal. Selles plaanis on selgelt määratletud võrgu moderniseerimise eesmärgid.

Autor ootas, et projekteerija suudaks kasutada skeeme alusena konkreetsete tehniliste lahenduste ja töötappide väljatöötamiseks. Autori töö eesmärk on tagada võrgu moderniseerimise tõhus ja kvaliteetne elluviimine vastavalt autori ootustele ja kvaliteedinõuetele.

Skeem 3, mis autor andis projekteerijale ülesande täitmiseks.

Pärast seda saatis projekteerija valmis **skeemi 4**, kus on märgitud kaablite ristlõiked, kaablikaitsevoolikute suurused, kus tuleb vanad kaablid uute vastu välja vahetada, samuti kohad, kus tuleb ühendada vana kaabel uuega, kuna autoril oli olemasoleva võrgu moderniseerimine.

3.3. Lühisvoolude ja pinge languse arvutused

Peaaegu kõik autori töös tehtavad arvutused tehakse spetsialiseeritud tarkvara abil, mille ettevõtte oli soetanud ja mis on mõeldud lühisvoolude ja pingelanguste arvutamiseks. See programm on ettevõtte inseneriprotsessi lahutamatu osa ning tagab elektrienergiastüsteemide usaldusväärse ja täpse arvutuse.

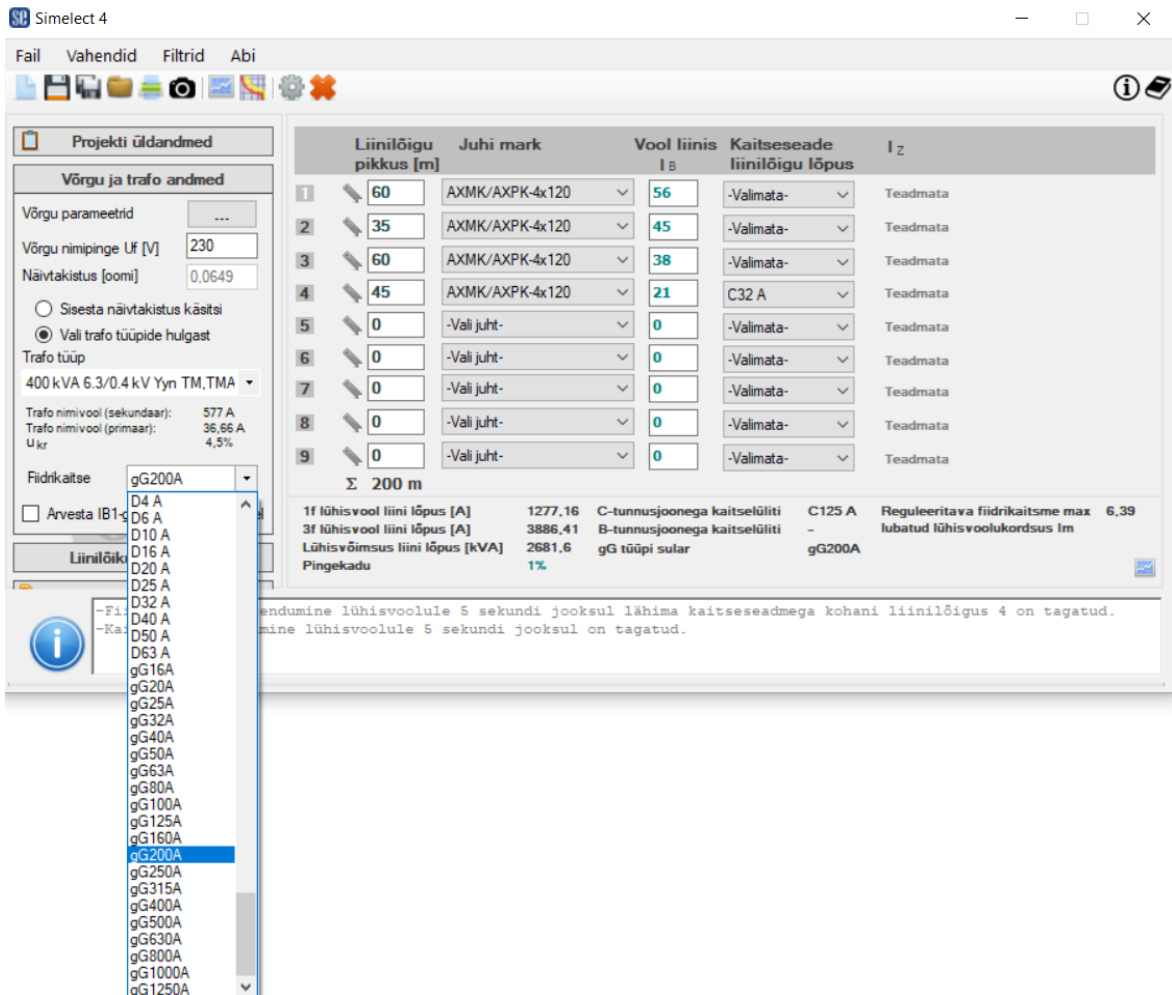
The screenshot shows the Simelect 4 software interface. On the left, there is a 'Projekt üldandmed' (Project General Data) panel with 'Võrgu ja trafo andmed' (Network and transformer data) section. It includes fields for 'Võrgu nimipinge Uf [V]' (230), 'Näivtakistus [oomi]' (0,0649), and a transformer selection dropdown menu. The dropdown menu is open, showing a list of transformer models such as '400 kVA 6.3/0.4 kV Yyn TM, TMAF', '400 kVA 10.5/6.3/0.41 kV Dyn Tumetic', etc.

The main window displays a table with the following columns: 'Liinilõigu pikkus [m]' (Cable length [m]), 'Juhi mark' (Cable type), 'Vool liinis I_B' (Current in line), 'Kaitseseade liinilõigu lõpus' (Protection device at the end of the line), and 'I_Z' (Short-circuit current). The table lists 7 cable segments with their respective lengths, types (e.g., AXMK/AXPK-4x120), currents, and protection devices. A summary row at the bottom of the table shows: 'Σ 200 m', 'vool liini lõpus [A]' (1277,16), 'C-tunnusjoonega kaitselüliti' (C125 A), 'Reguleeritava fiidrikaitsme max' (6,39), and 'lubatud lühisvoolukordsus Im'.

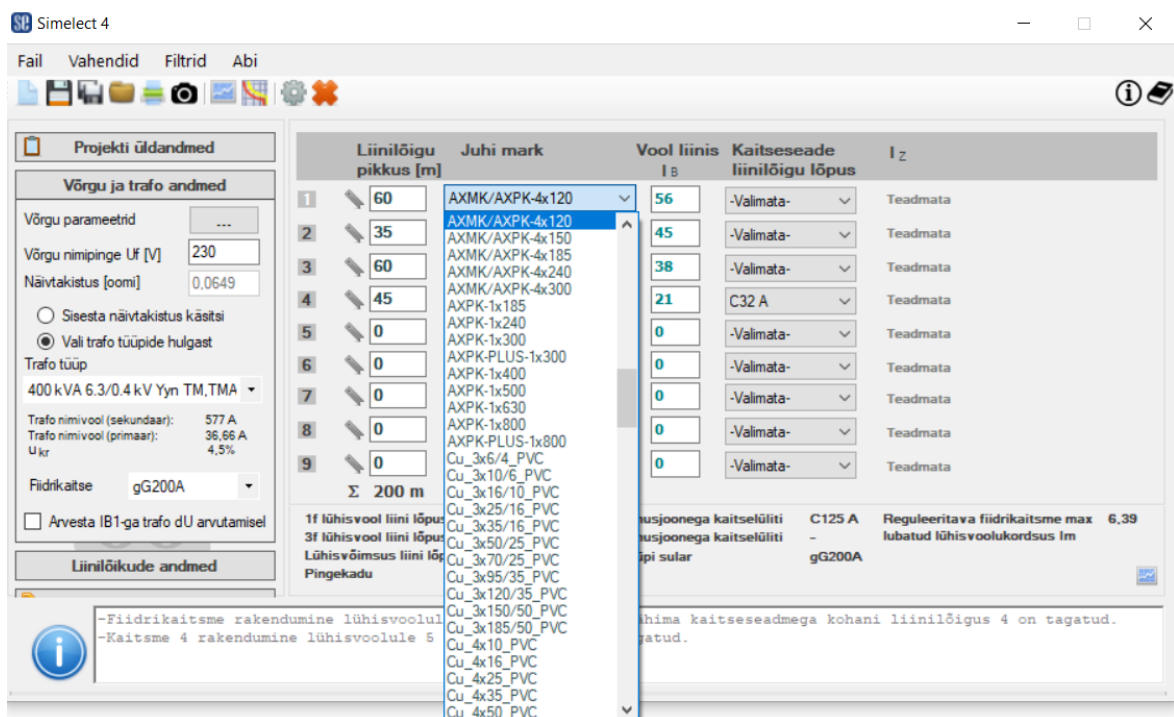
Below the table, there is a text box containing the following text: 'Lühisvoolule 5 sekundi jooksul lähima kaitseseadmega kohani liinilõigus 4 on tagatud. voolule 5 sekundi jooksul on tagatud.'

Arvutuste tegemiseks autor valis programmis jaamale paigaldatud transformatorid: (6/0,4) kV, 400 kVA, Yyn TM. Esimese ja teise jaama osas on paigaldatud samad transformatorid..

Pärast transformatorite valimist tuleb määrata 200 A kaitse, mis paigaldatakse kaabelliinide ja transformatori kaitsmiseks:



Samuti, pärast kaitse valimist tuleb määrata kaabel, mida kasutatakse kaabelliinides, nimelt AXPK 4G120:



Et saada täpne lühisvooluringi lõpus ja teada saada, kas peakaitse töötab, valis autor peamine peakaitse:

The screenshot shows the Simelect 4 software interface. On the left, there are project summary and transformer parameters. The main area contains a table with the following data:

	Liinilõigu pikkus [m]	Juhi mark	Vool liinis I _B	Kaitseade liinilõigu lõpus	I _Z
1	60	AXMK/AXPK-4x120	56	-Valimata-	Teadmata
2	35	AXMK/AXPK-4x120	45	-Valimata-	Teadmata
3	60	AXMK/AXPK-4x120	38	-Valimata-	Teadmata
4	45	AXMK/AXPK-4x120	21	C32 A	Teadmata
5	0	-Vali juht-	0	C32 A	Teadmata
6	0	-Vali juht-	0	C40 A	Teadmata
7	0	-Vali juht-	0	C50 A	Teadmata
8	0	-Vali juht-	0	C63 A	Teadmata
9	0	-Vali juht-	0	C80 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C100 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C125 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C160 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C200 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C250 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	C315 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D2 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D4 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D6 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D10 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D16 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D20 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D25 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D32 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D40 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D50 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	D63 A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG16A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG20A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG25A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG32A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG40A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG50A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG63A	Teadmata
	0	-Vali juht-	0	gG80A	Teadmata
Σ	200 m				

Below the table, there are summary statistics:

1f lühisvool liini lõpus [A]	1277,16	C-tunnusjoonega kaitselüliti		
3f lühisvool liini lõpus [A]	3886,41	B-tunnusjoonega kaitselüliti		
Lühisvõimsus liini lõpus [kVA]	2681,6	gG tüüpi sulgur		
Pinge kadu	1%			

At the bottom, there is a status bar with the following text:

- Fiidriksaitse rakendamine lühisvoolule 5 sekundi jooksul lähima kaitseseadmega kohani liinilõigus 4 on tagatud.
- Kaitsme 4 rakendamine lühisvoolule 5 sekundi jooksul on tagatud.

Samuti oli näidatud kaablite pikkus kliendini, kaablid olid esitatud segmentidena, st alates alajaamast kuni kilbini ja sealt edasi teise kilbini. Kõigi kaablilõikude põhjal arvutatakse liini kogupikkus ning samuti näidatakse voolud, mis on ahelas. Voolud on arvutatud koormusest. Koormust same vaadata spetsiaalses programmis, kus on näha tarbija poolt tarbitud võimsus teatud ajaperioodi jooksul.

This screenshot shows the same Simelect 4 software interface, but with a different configuration for the protection device. The table data is as follows:

	Liinilõigu pikkus [m]	Juhi mark	Vool liinis I _B	Kaitseade liinilõigu lõpus	I _Z
1	60	AXMK/AXPK-4x120	56	-Valimata-	Teadmata
2	35	AXMK/AXPK-4x120	45	-Valimata-	Teadmata
3	60	AXMK/AXPK-4x120	38	-Valimata-	Teadmata
4	45	AXMK/AXPK-4x120	21	C32 A	Teadmata
5	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
6	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
7	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
8	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
9	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
Σ	200 m				

Summary statistics at the bottom:

1f lühisvool liini lõpus [A]	1277,16	C-tunnusjoonega kaitselüliti	C125 A	Reguleeritava fiidriksaitse max	6,39
3f lühisvool liini lõpus [A]	3886,41	B-tunnusjoonega kaitselüliti	-	lubatud lühisvoolukordsus Im	
Lühisvõimsus liini lõpus [kVA]	2681,6	gG tüüpi sulgur	gG200A		
Pinge kadu	1%				

Status bar text:

- Fiidriksaitse rakendamine lühisvoolule 5 sekundi jooksul lähima kaitseseadmega kohani liinilõigus 4 on tagatud.
- Kaitsme 4 rakendamine lühisvoolule 5 sekundi jooksul on tagatud.

Pärast tehtud tööd sai autor kinnitust, et kõik oli õigesti valitud:

The screenshot shows the Simelect 4 software interface. On the left, there is a sidebar with 'Projekti üldandmed' and 'Võrgu ja trafo andmed'. The main area contains a table with the following columns: 'Liinilõigu pikkus [m]', 'Juhi mark', 'Vool liinis I_B', 'Kaitseade liinilõigu lõpus', and 'I_Z'. Below the table is a log window with the following text:

	Liinilõigu pikkus [m]	Juhi mark	Vool liinis I _B	Kaitseade liinilõigu lõpus	I _Z
1	60	AXMK/AXPK-4x120	56	-Valimata-	Teadmata
2	35	AXMK/AXPK-4x120	45	-Valimata-	Teadmata
3	60	AXMK/AXPK-4x120	38	-Valimata-	Teadmata
4	45	AXMK/AXPK-4x120	21	C32 A	Teadmata
5	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
6	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata
7	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	Teadmata

Log window text:
-Fiidrikaitsme rakendumine lühisvoolule 5 sekundi jooksul lähima kaitseadmega kohani liinilõigus 4 on tagatud.
-Kaitsme 4 rakendumine lühisvoolule 5 sekundi jooksul on tagatud.

Programm annab kolmefaasilise voolu 3886,41 A ja ühefaasilise lühise 1227,16 A, maksimaalse kaitse, mida saab paigaldada ahela lõppu, nimelt kaitseüliti C125 A, ja maksimaalse kaitse, mis on seadistatud trafo kaitsmiseks 200 A kaitsmetega.

KOKKUVÕTE

Töös püstitatud ülesanded olid järgmised: elektrisüsteemi seisukorra analüüs; elektrisüsteemi töökindluse suurendamine; kaablite valik; lühisvoolude ja pingelanguste arvutamine. Seetõttu oli valitud ülaltoodud lõputöö teema. Kaablite asendamine ja klientidele sobiva kaitse valimine toob kaasa stabiilse ja ohutu elektrienergia edastamise.

Lõputöö autor valmis iseseisvalt, kuna see oli seotud tema tootmisülesandega. Autor juhtis projekti, mis lõppes edukalt. Kaablid, mis rajati 1950-ndatel, vajasisid väljavahetamist, kuna nende töökindlus langes. Sagenesid isolatsioonirikked seoses sellega, et kaablid lebavad pikalt maa sees ja isolatsioon kuivab aja jooksul ära. Esinesid ka faaside vahelised lühised ja maandusrikked. Seetõttu otsustas autor kõige probleemsemas piirkonnas kaablid uute vastu välja vahetada. Lisaks viis autor klientide peakaitse siseruumidest väljas asuvatesse kilpidesse.

Projekti autor valmistas projekteerijale üleandmiseks iseseisvalt. Valis ta sobiva pikkuse ja ristlõikega kaabel, mis kaitseks lühisvoolude eest. Samuti valis kilpide paigaldamise koht. Projekt on täielikult projekteeritud energia jaotamiseks alajaamast, pingest (6/0,4 kV), kuni kilbini, kuhu paigaldatakse kliendi peakaitse.

Püstitatud ülesanne lahendati programmi abiga lähtudes reaalistest andmetest. Lühisvoolude ja pingelanguste arvutamise eriprogrammis valiti ülaltoodud alajaama trafo. Alajaamast väljuvad vajalikud kaablid arvutati vastavalt ristlõike suurusele ja vajalikule pikkusele. Järgmisena programmis märgiti iga kliendi jaoks määratud kaitse. Pärast kõiki neid samme anti projekt üle projekteerijale.

SUMMARY

The aims set in the thesis were: analysis of the system state electricity supply; increasing the reliability of the power supply system; cables choice; calculation of short circuit currents and voltage drops. That`s why above topic of the thesis was chosen.

Cable replacement and selection suitable protection for customers entails stable and secure transmission electricity. The thesis was completed independently, as it was related to author production task.

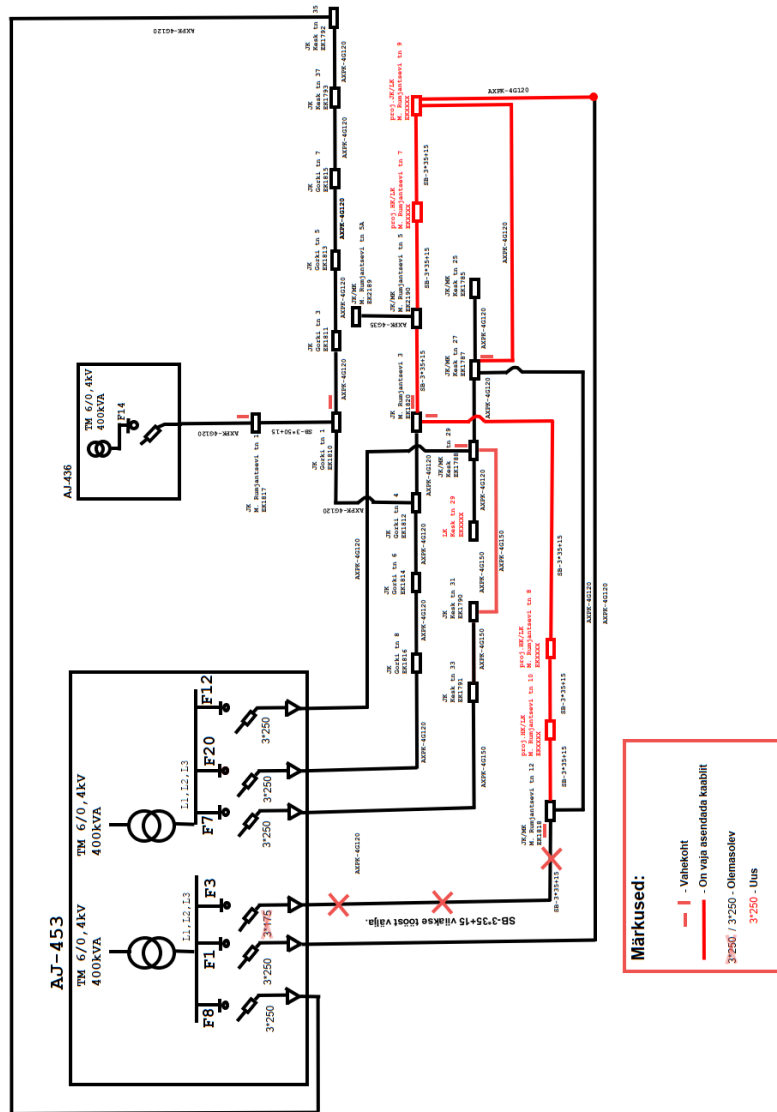
Author managed a project that ended successfully. The cables, which were laid in the 50s, needed to be replaced as they began to fail. Insulation breakdowns have become more frequent due to the fact that cables lie in the ground for a long time and the insulation dries out over time. Also phase-to-phase short circuit and ground fault occurred. Therefore, in the very problem area, it was decided to replace the cables with new ones. Besides, moved the main protection of clients from indoors to outdoor shields. The project prepared by the author to be transmitted to the project manager. A cable has been selected suitable in length and cross-section to work out protection against short circuit currents. The location for installing the shields was also chosen. The project is fully designed for energy distribution from the substation, voltage (6/0.4 kV), to the switchboard, in which the main protection of the client will be established.

Problems were solved programmatically based on real initial data. In a special program for calculating currents short circuit and voltage drop, a transformer has been selected the above substation. The required cables leaving the substation were calculated according to the cross-sectional size and required length. Further in the program it was indicated protection that is installed for each client. After all these actions the project was handed over to the project manager.

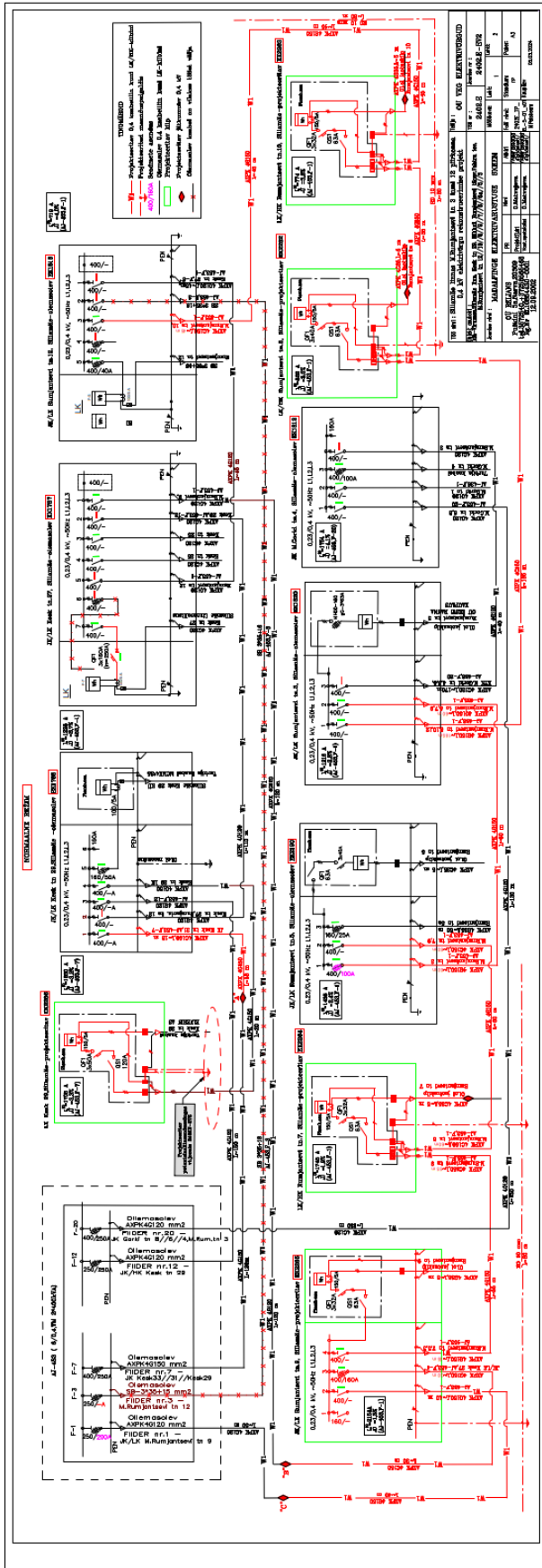
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Основы электроснабжения, А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Д.Ю. Герасимов
<https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIVKOV/uchebnrab/Tab1/Power-supply-IDO.pdf> [Online]
2. VKG ELEKTRIVÕRGUD. <https://vkgev.ee/meist/ettevottest/> [Online]
3. Новый клиент электросетей VKG будет потреблять энергии, как три города.
<https://www.dv.ee/novosti/2023/11/02/prodazha-vkg-elektivorgud-vyzvala-voprosy-o-setevoj-plate> [Online]
4. Elektrienergia tootmine. <https://opiobjektid.tptlive.ee/Energiatootm/1.htm> [Online]
5. Elektrituru käsiraamat. <https://elering.ee/book/export/html/1013> [Online]
6. А. В. БЕЛЯЕВ, ВЫБОР АППАРАТУРЫ ЗАЩИТ И КАБЕЛЕЙ В СЕТЯХ 0.4 кВ.
[Online]
7. Calculation of short-circuit currents. B. de Metz-Noblat, F. Dumas, C. Poulain
https://www.studiecd.dk/cahiers_techniques/Calculation_of_short_circuit_currents.pdf [Online]
8. ВЫБОР КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В СЕТИ 0,4 кВ. Л.А. Федотова.
https://study.urfu.ru/Aid/Publication/9051/1/Fedotova_2.pdf [Online]
9. Основные формулы для компенсации реактивной мощности.
<https://zeuselectro.com/info/articles/osnovnye-formuly-dlya-kompensatsii-reaktivnoy-moshchnosti/> [Online]

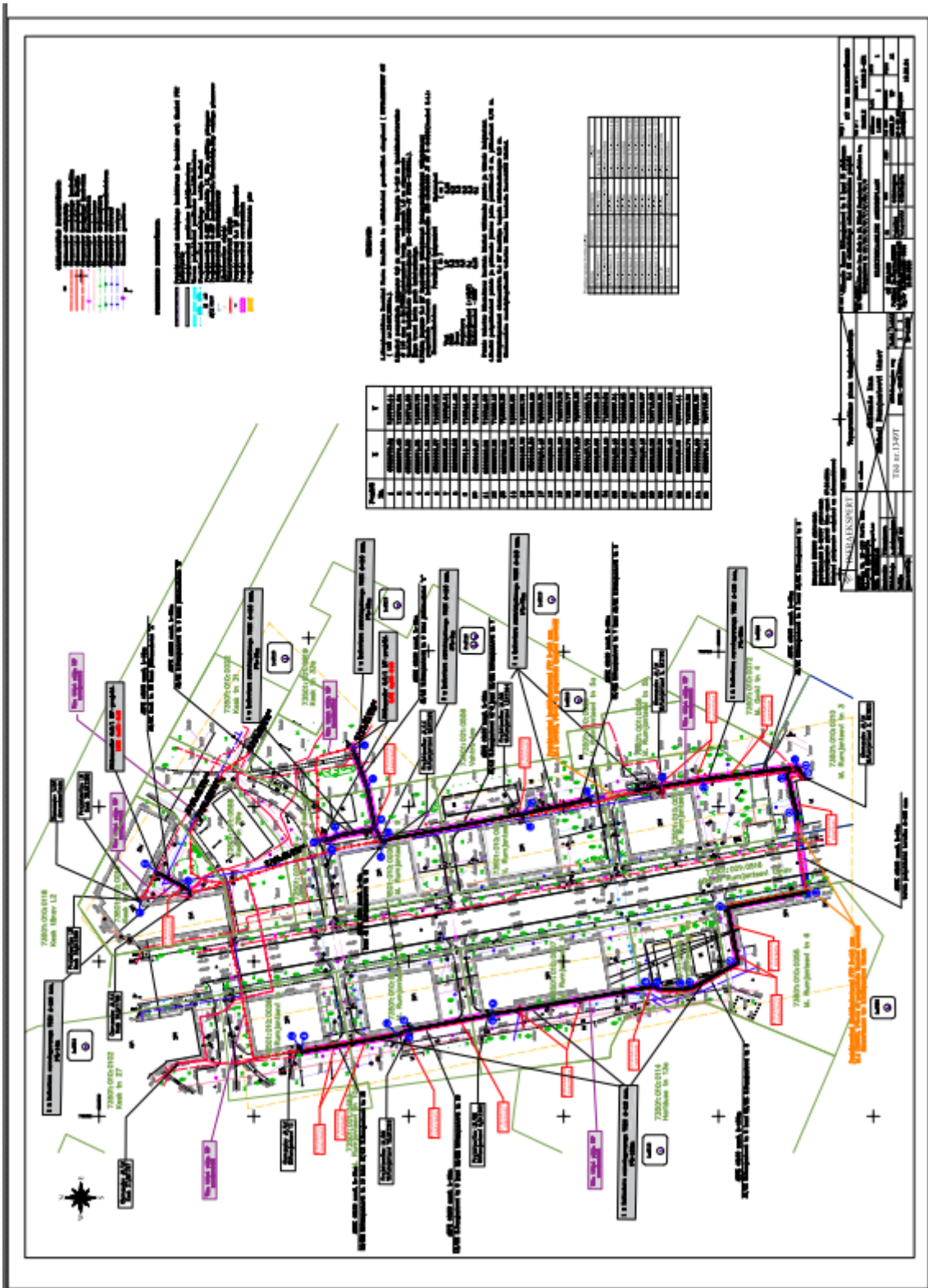
GRAAFILINE OSA



Skeem 1



Skem 2.



Skeem 4.