



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**VÄLJUVA FIIDRI KÕRGEPIINGESEADMETE
RENOVEERIMINE VKG ENERGIA-S**
**RENOVATION OF HIGH VOLTAGE EQUIPMENT OF THE OUTGOING
FEEDER AT VKG ENERGIA**
ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Roman Kaygorodov

Üliõpilaskood: 154568

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar,
nooremlektor

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 Roman Kaygorodov (sünnikuupäev: 18.12.1987)

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

Väljuva fiidri kõrgepingeseadmete renoveerimine VKG ettevõttes, mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,

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: Roman Kaygorodov, 154568

Õppekava, peeriala: RDPR06/15 - Energiatehnika

Juhendaja(d): Nooremlektor Aleksei Hõbesaar, aleksei.hobesaar@taltech.ee

Konsultant: Releekaitse ja elektrilabori osakonna juhataja Anton Veikman

VKG Energia OÜ, 56886725, anton.veikman@vkg.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Väljuva fiidri kõrgepingeseadmete renoveerimine VKG Energias.

(inglise keeles) Renovation of high voltage equipment of the outgoing feeder at VKG Energia.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Lõputöö põhieesmärk on välja pakkuda lahendus vananenud seadmete asendamiseks.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Vananenud seadmete asendamise vajaduse põhjendus.	5.01.2021
2.	Asendamist vajavate seadmete identifitseerimine.	5.02.2021
3.	Andmete arvutamine ja uute seadmete valimine.	1.05.2021

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "26" mai 2021a.

Üliõpilane:
/allkiri/ "....."..... 20.....a

Juhendaja:
/allkiri/ "....."..... 20.....a

Konsultant:
/allkiri/ "....."..... 20.....a

Programmijuht:
/allkiri/ "....."..... 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	6
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU. TERMINOLOOGIA	7
SISSEJUHATUS	8
1. OLEMASOLEVATE SEADMETE ANALÜÜS.....	9
1.1 Üldine ettevõtte karakteristik.....	9
1.2 Mis on fiider.....	9
1.3 Elektri ja fiidri töörežiimide vaatlus.....	10
1.4 Vajadus vaadata läbi Fiidri nr 6 PJ-6kV renoveerimise küsimusi.....	11
1.5 Seadmed.....	11
2. ELEKTRILISTE KOORMUSTE ARVUTAMINE	14
2.1 Alajaama C17 kogumislattel pingestatud trafode paraametrid.....	15
2.2 Kriteerium N-1.....	16
2.3 Alajaama koormus avariijärgsel talitusel trafode ülekoormamisel.....	16
2.4 Alajaama C17 koormuste graafik.....	17
3. LÜHISVOOLUDE ARVUTAMINE.....	19
4. SEADMETE VALIMINE.....	22
4.1 Võimsuslüliti	22
4.2 Liinilahklüliti	24
4.3 Voolupiirav reaktor	26
KOKKUVÕTE	29
SUMMARY.....	30
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	31

EESSÕNA

Selle lõputöö teema valisin VKG Energia elektrilabori osakonna juhataja Anton Veikmani ning elektrilabori meistri Sergei Nazarenko soovitusel. Nad abistasid andmetega, juhendasid diplomi kirjutamisel.

Kasutasin VKG Energia tööprotsesside skeemid ja andmeid, et lähemalt uurida Põhja Elektrijama kõrgepingeseadmeid, mis tuleks asendada. Diplomitöö käigus arvutasin välja voolu- ja pingekoormuseid, mis toimivad fiidriole. Samuti uurisin lühise protsessi ning selle mõju seadmetele.

Tahan tänada lõputöö juhendajat Aleksei Hõbesaari osutava abi eest. Tänu tema toetusele otsustasin kirjutada selle rakenduskõrgharidusõppe lõputööd.

Võtmesõnad: kõrgepingeseadmed, diplomitöö, elektrijaam, alajaam, fiider.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU. TERMINOLOOGIA

C17 – VKG Energia alajaam.

EMJ – elektermotoorjõud.

G – generaator. Seadeldis, mis muundab mehaanilist energiat elektrienergiaks.

KP – kõrgepinge. Pingepiirkond, milles vahelduvpinge on tavaliselt suurem kui 1000V ega alalispinge suurem kui 1500V.

LÜ – lühiühendus ehk lühis. Olematu või väikese takistusega ebanormaalne ühendus vooluahelas kahe või enama normaalselt erineva potentsiaaliga punkti vahel[5:325].

P – aktiivvõimsus.

Põhja SEJ – põhja soojuselektrijaam. Viru Keemia Gruppi Elektijaam, kus toimub elektrienergia tootmine, edastamine, muundamine, jaotamine ning kasutamine peamiselt omatarbeks ettevõtja jaoks.

PJS – peajaotusseade ehk peajaotla.

RLA – reservlülitusautomaatika.

RK – releekaitse. Releekaitse ülesanne on vähendada avariist tingitud kahju avarii kiire likvideerimise ja selle laienemise vältimise teel [5:377].

S – näivvõimsus.

SJ – seadmejaotla ehk jaotusseade. Hõlmab lülitusseadmeid nende juurde kuuluvate juhtimis-, mõõte-, kaitse- ja reguleerimisseadmetega koos vajaliku juhistiku, lisaseadmete, kestade ja kandekonstruktsioonidega[5:22].

T - trafo ehk transformaator. Energiamuundur, mis võimaldab muuta vahelduvpinget ja vastavalt vahelduvvoolu, seejuures ilma sagedust muutmata.

VPR – voolupiirav reaktor.

Q – reaktiivvõimsus.

SISSEJUHATUS

Käesolev lõputöö annab ülevaate Põhja elektrijaama vananenud seadmetest. Probleem on selles, et ettevõttes on üsna palju elektripaigaldisi, mis kasutatakse üle 50 aastat ja vajab renoveerimist. See on vajalik elektri kvaliteedi parandamiseks, avariiriski vähendamiseks ja personali kaitsmiseks, kuna kaasaegsed seadmed on automatiseeritud ja ohutumad.

Selle töö eesmärk on vaadata läbi peajaotlast väljuvate fiidri nr6 seadmete renoveerimine. See liin toidab VKG Energia C17 alajaam. Eesmärgi saavutamiseks kvalifikatsioonitöös on vaja lahendada järgmised ülesanded:

1. Analüüsida olemasolevate seadmeid.
2. Arvutada elektrilised koormused ning lühisvoolud.
3. Valida sobivad kõrgepingeseadmeid.

Diplomitöö koosneb neljast peatükist.

Esimene peatükk käsitleb elektri tootmist ja jaotamist alajaamadele. Samuti tehtud ülevaade asendamist vajavatele seadmetele.

Teises peatükis arvatud C17 alajaama maksimaalselt võimalikud koormused, läbi vaadanud võimsusegrafikud.

Kolmandas peatükis oli arvatud lühisvoolud kahes punktis.

Neljandas peatükis oli valitud kõrgepingeseadmed.

1. OLEMASOLEVATE SEADMETE ANALÜÜS

1.1 Üldine ettevõtte karakteristik

Viru Keemia Grupp AS

Põlevkivi leidub maailmas mitmetes riikides ning selle varud on väga suured, kuid seda töödeldakse vaid vähestes paikades. Suurriikide Brasiilia, Hiina, Saksamaa ja Iisraeli kõrval on Eesti praegu kolmas paik maakeral, kus põlevkivi tööstuslikus mastaabis töödeldakse. Põlevkivi peamiseks saaduseks on kütused – seda nii põlevkiviõli kui ka põlevkivigaas.

VKG on Eesti suurim põlevkiviõli ja keemikaalide tootja. 2016. aastal oli kontserni töötlemismaht 3,48 miljonit tonni kaubapõlevkivi ning toodetud õliproduktide kogus 451300 tonni. VKG katab kogu põlevkiviahela alates selle kaevandamisest ümbertöötamisest kuni peenkeemikaalide turustamiseni.

Ettevõtte on samuti üks tuntuimaid piirkonna arendajaid, kes hoolib oma töötajatest ja kohalikust kogukonnast. 2010. aastal ühines VKG maailma mõjukaimate sotsiaalse vastutuse algatustega, milleks on GRI ja UN Global Compact.

Maailmas on VKG oma töötlemismahtude poolest teisel kohal Hiina Fushuni põlevkivitöötlemise kompleksi järel ja Brasiilia Petrobrasi põlevkivitöötlemistehase ees.

VKG Energia OÜ

VKG Energia peamiseks tegevusalaks on energeetika, kus tegevusvaldkonnad on järgmised [9]:

- Elektrienergia tootmine;
- Elektrienergia ost ja müük suurtarbijatele, rohkem kui 1 GWh;
- Soojusenergia tootmine;
- Tööstusettevõtete varustamine tööstusliku auruga.

VKG Energia on suuruselt teine elektritootmis- ja jaotusettevõtte Eestis.

VKG Energia oli Eesti esimene ettevõtte, kus hakati kasutama väävlis suitsugaase puhastavat seadet. Täna töötab ettevõttes kolm väävlipüüdurit [9].

VKG Energia soojuslik koguvõimsus on 400 MW. Ettevõtte elektriline tootmisvõimsus on 68 MW ja peale turboagregaadi nr 1 töösse võtmist (august 2015) ulatub elektriline võimsus 95 MW-ni. Uue 27 MW turbiini ehitus lubas efektiivsemalt korraldada elektrienergia tootmist kondensatsiooni režiimis [9].

1.2 Mis on fiider.

Lõputöö teema on "Väljuva fiidri kõrgepingeseadmete renoveerimine". Kõigepealt on vaja selgitada, mis on fiidri mõiste.

Fiider on kõrgepingeliin (magistraalliin), mis sisaldab lülitusseadmeid, reaktoreid, pingepeirakuid, pinge- ja voolutrafod, isolaatoreid, siinisid ja voolujuhtmeid, toitekaableid ja õhuliini, kondensaatoreid, samuti RK- ja automaatikaseadmeid. Fiider ühendab elektriyaam alajaamadega.

Fiidrid on varustatud ülekoormus- ja lühisekaitseadmetega kaitselülitite abil kontaktvõrgu lahti ühendavate kaitselülitite ning liinilahklülitite abil.

Fiidriga seotud seadmeid nimetatakse fiidri seadmeteks: fiidri automaatika, liinilahklüliti, fiidri kaitse jne. Iga fiidri määratakse individuaalne number.

1.3 Elektriyaami ja fiidri töörežiimide vaatlus

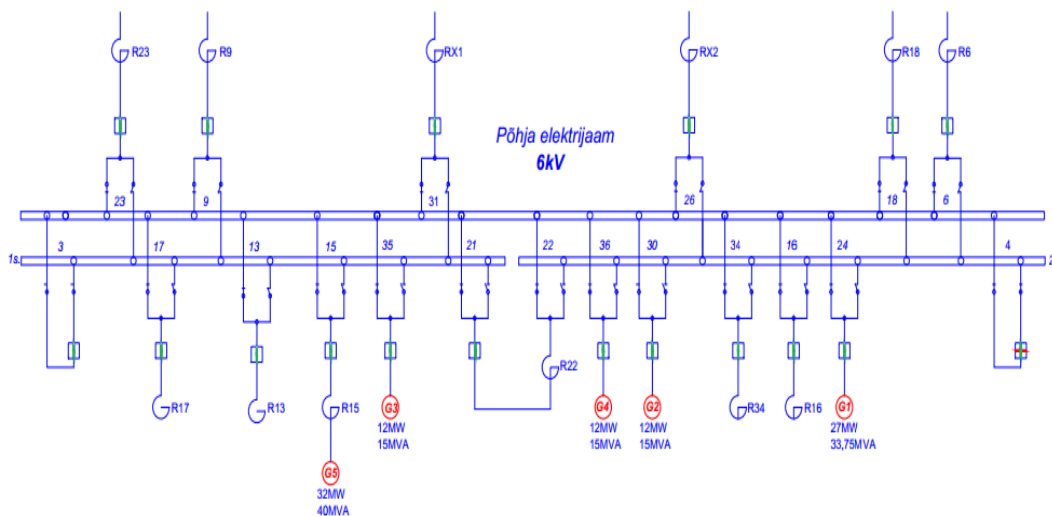
Ettevõttel on 5 elektrit tootvat generaatorit. Kaabliliinide abil tarnitakse generaatoritest saadav elekter PJ-sse, kust see jaotatakse alajaamadele ja VKG Energia abivajaduste rahuldamiseks. Samuti on 2 fiidri abil, mille kaudu saab nii elektri ülejääki anda (müüa) kui ka saada (osta), kui enda tootmine on võimatu, on Peajaotla ühendatud Eleringi ettevõttega (vt 1.1 joonis).

Peajaotla-sse on paigaldatud 3 siinisüsteemi: tavarežiimis I ja II siinid töötavad üksteisest sõltumatult, kuid ristmiküliti abil saab neid paralleelselt sisse lülitada. 3. siinisüsteemi nimetatakse transfeer- või möödavoolumiini süsteemiks, see on varukooopia ja seda kasutatakse ühendamiseks remondi ajal ning vajadusel ka I ja II siinisüsteemi mahalaadimiseks või laadimiseks.

Uuritakse üksikasjalikumalt elektrienergia edastamist PJS-6kV-st alajaamani C17.

See alajaam on ühendatud Põhja alajamiga fiidrite № 6 ja № 9 abil.

Igal fiidril on paigaldatud 2 lahklüliti, nendega abil saab ühendada nii transfeer süsteemiga kui ka I või II siiniga. Pärast lahklüliti paigaldatakse kõrgepingelüliti, millele järgneb voolupiirav reaktor ja kaabelliin alajaama, kus iga fiider on ühendatud ühe kahest siinisüsteemist. Nendest siinidest on juba edasine elektrienergia jaotamine ja neid saab ka ristmiküliti abil paralleelselt ühendada.



Joonis 1.1 VKG Energia Põhja Elektri Jaama elektriühenduse skeem

1.4 Vajadus vaadata läbi Fiidri nr 6 PJ-6kV renoveerimise küsimusi

Praegu on VKG Energia toodetud elektrienergia peamine tarbija Viru Keemia kontserni enda kontsern. Nagu jooniselt 1.1 näha, töötavad alajaamad toiteallikatega PJ-6kV-st. Fiider nr 6 on üks ja toidab alajaama C17.

Liiniseadmete vananemise ning kasvavate nõuete tõttu elektri kvaliteedile ja elektrivarustuse usaldusväärsusele on selle fiidri moderniseerimise ja rekonstrueerimise küsimus küps.

See fiider sisaldab liinilahklüliti RVZ-1 10/600 10kV 600A, 1967; reaktorit saksafirmalt AEG 1946 Kurzschlußdrosselspule Typ LBS Al.600 / 242 Nenn-Dauerstr. 600A; õlilüliti VMG 133 10kV 1000A Lõhkevool 20kA 10kV juures, väljalülitusvõim 350MVA 10kV juures, 1948.

1.5 Seadmed

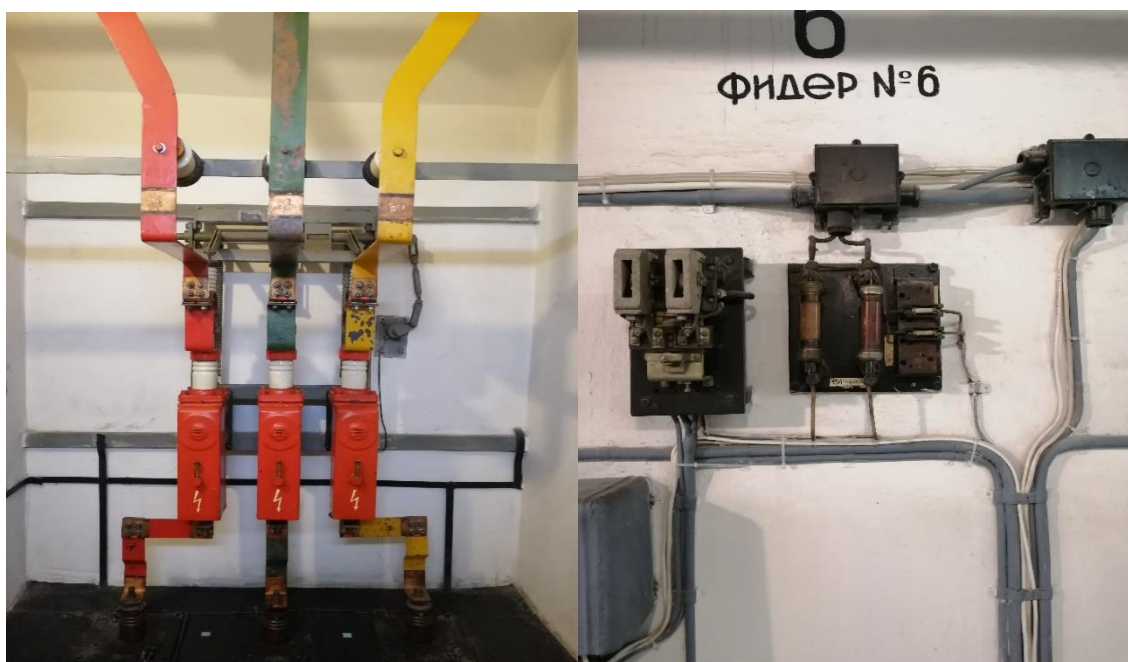
Õlilüliti VMG 133 10kV 1000A

Õlilüliti VMG-133 (vt joonis 2) on ette nähtud kolmefaasiliste elektriskeemide koormuselülitamiseks nimipingega 10 kV ja neid kasutatakse siseruumides paigaldamiseks seadmejaotlasse. Madala õlisisaldusega potilüliti VMG133 on väikese mahuga ja neid toodeti järgmistes versioonides: VMG-133-II pingega kuni 10 kV, 600A, 350 MVA; VMG-133-III pingega kuni 10 kV, 1000A, 350 mVA.

Õlilüliti VMG - 133 olid ühed esimesed, mida kasutati madala õlitasemega süsteemidena kommutatsioonide teostamiseks 6-10 kV võrkudes. Madala õlisisaldusega

pottlülite VMG - 133 peamine eelis on see, et need sisaldavad piiratud koguses õli, milles kaar kustutatakse. See VMG-133 tüüpi õlipoti lüliti omadus on positiivne tulemus inseneride ja disainerite tööst, mis võimaldas luua kõrgepingelüliti, mis on võimeline kõrgepingeliinide ohutuks vahetamiseks.

Kuid õlilülitel VMG-133 on palju puudusi, näiteks võib nende lülite puudusi seostada nende tule- ja plahvatusohutusega. Automaatse uuesti sulgemise kiiruse ja sageduse piiratud võimalused. Selliste lülite käit on kallim: õli asendamine ja perioodiline lisamine, kaare summutavate kontaktide kulumine, plaaniline ennetav hooldus. Madalatel temperatuuridel töötades võib õli olla raske kuumeneda. Õlilülite lülitusvõime ei pruugi olla piisav [8:56].



Joonis 1.2 Fiider Nr 6

AEG voolupiirav reaktor

Voolupiirav reaktor on elektriseade, mis on ette nähtud lühisvoolu piiramiseks. See on ühendatud järjestikku vooluahelaga ja töötab lühise korral induktiivse lisatakistusena. Lühise režiimis moodustab reaktor suurema osa pingest.

Reaktoreid kasutatakse lühisvoolude piiramiseks ja siinidel olulise jääkpinge säilitamiseks. Reaktor, mis on suure induktiivse ja madala aktiivtakistusega pool, on paigaldatud väljuvatele kaabelliinidele või võimsate jaamade ja alajaamade astmeliste trafode ahelasse. Reaktori taga oleva lühise korral on lühisevool oluliselt väiksem kui reaktorita võrgus, kuna kogu induktiivne takistus on esimesel juhul suurem (reaktorite takistuse tõttu).

Betoonreaktorite puuduseks on nende suur mass ja mahukus. Nende tootmisprotsessi automatiseerimine on madalal tasemel. Sellise reaktori oluliseks puuduseks on ka tugeva hulkuva magnetvälja olemasolu, mis põhjustab täiendavaid kadusid lähedalasuvates metallkonstruktsioonides, samuti lühise ajal faaside vahel suuri elektrodünaamilisi jõude. Praegu toodetakse VPR-id tänapäevaste klaaskiust ja epoksühenditest valmistatud isoleermaterjalide abil [7:112].

Reaktor AEG, mida praegu kasutatakse Fiider 6 skeemis, hoolimata oma efektiivsusest ja vastupidavusest, on moraalselt ja füüsiliselt vananenud ning vajab uuendamist.



Joonis 1.3 Voolupiirav reaktor AEG

Liinilahklüliti RVZ - 1

RVZ-lahklülite abil luuakse nähtav liinikatkestus, mis eraldab kasutusest väljas olevad seadmed pingestatud osadest, ohutu töö tagamiseks lahutatud alal, õhu- ja kaabellinide laadimisvoolude, trafode tühikäigu sisse- ja väljalülitamiseks ja väikeste koormuste voolud.

Lahklülidid kasutatakse ruumides, kus temperatuuri ja niiskuse kõikumine ei erine oluliselt vabas õhus kõikumisest ja välisõhule on suhteliselt vaba juurdepääs, näiteks telkides, keredes, haagistes, soojusisolatsioonita metallruumides, samuti täieliku seadme korpuses või varikatuse all, et vältida päikesekiirguse ja toodete atmosfääri sademete otsest kokkupuudet.

Ruum, kuhu lahklülidid ja ajamid paigaldatakse, peab olema suletud, plahvatuskindel ja tulekindel, vaba agressiivsetest gaasidest ja aurudest kontsentratsioonides, mis hävitavad isolatsiooni ja kaitsekatteid.

RVZ-1 ajam on hoovamehhanism, mis on mõeldud lahkülitite käsitsi sisse- ja väljalülitamiseks, mis on puuduseks seetõttu, et inimene peab lülitamise ajal füüsiliselt pingutama ja on otse elektripaigaldise lähedal.



Joonis 1.4 Liinilahklüliti

2. ELEKTRILISTE KOORMUSTE ARVUTAMINE

Elektrivõrgu koormuseks nimetatakse elektritarbimise intensiivsust teatud piirkonnas. Koormus kujuneb suure hulga elektritarvitite ühismõjuna. Enamasti on tegemist summarse koormusega, mis on madalama taseme üksikkoormuste ja võrgukadude summa.

Elektriliinide, toitetrifode ja muude elektrivarustussüsteemi elektrivõrgu elementide koormus on põhjustatud elektrienergia ülekandest toiteallikatest elektripaigaldisse. Sellisel juhul määratakse elektriline koormus igal ajahetkel teatud arvu operatsiooni kaasatud elektripaigaldiste võimsusega, mis on ühendatud erineva pingega elektrivõrkudega.

Elektriliste koormuste loomulik muutus aja jooksul tuleneb tehnoloogiliste protsesside omadustest, mille pakkumisel osalevad paljud erinevad erineva koormuskõveraga elektritarbijad. Meie puhul on tarbijad alajaama C17 elektritrafod, mis omakorda jaotavad tarbitud energia oma tarbijate, alajaamade vahel.

Elektritarbija kogu koormus igal ajahetkel on ettevõttes kasutatud tarbijate koormuste summa.

Elektrivastuvõtja, tarbija või toiteallikasüsteemi elemendi elektrikoormust saab esitada aktiiv- P , reaktiiv- Q ja näivvõimsuse S ning voolu kujul [6].

2.1 Alajaama C17 kogumislatidelt pingestatud trafode paraametrid.

Trafode näivvõimsuse S näitajad on teada passiandmetest.

Arvutame välja alajaama C17 pingestatud kõigi trafode voolud. Selleks kasutame valemit [8:235]:

$$S = \sqrt{3}UI$$

$$I = \frac{S_t}{\sqrt{3}U_n}$$

kus

S_t – trafo näivvõimsus, MVA;

U_n – nimipinge, V

$$1) \text{ A/J C23 jaoks } I_{T1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{1000}{10,9} = 91,7A, \quad I_{T2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{1000}{10,9} = 91,7A$$

$$2) \text{ A/J C19 jaoks } I_{T1} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{630}{10,9} = 57,8A, \quad I_{T2} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{630}{10,9} = 57,8A$$

$$3) \text{ A/J C18 jaoks } I_{T1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{1000}{10,9} = 91,7A, \quad I_{T2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{1000}{10,9} = 91,7A$$

$$4) \text{ A/J C20 jaoks } I_{T1} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{320}{10,9} = 29,3A$$

$$5) \text{ A/J C21 jaoks } I_{T2} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{320}{10,9} = 29,3A$$

$$6) \text{ A/J C22 jaoks } I_{T2} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = \frac{250}{10,9} = 22,9A$$

Alajaama C17 II sektiooni jaoks summeerime trafode nimivoolud, et teada saada selle sektiooni maksimaalne koormus täisvõimsusel töötavate trafode korral:

$$I_1 = \sum_{i=1}^n I_{nom1} = 91,7 + 57,8 + 91,7 + 29,3 = 270,5A$$

Samamoodi arvutame C17 I siinisektiooni jaoks:

$$I_2 = \sum_{i=1}^n I_{nom1} = 91,7 + 57,8 + 91,7 + 29,3 + 22,9 = 293,4A$$

Arvutuskoormus on üks peamisi näitajaid, mida elektriseadmete valimisel arvesse võetakse.

2.2 Kriteerium N-1.

Selle kriteeriumiga tagatakse elektrisüsteemi toimimise usaldusväärsus hädaolukorras, plaaniliste remonditööde korral või kui on vaja seadmeid välja vahetada.

Alajaamas C17 kasutatakse RLA-süsteemi, mis töötab, kui mõni tarnivatest fiidritest ebaõnnestub.

Seetõttu tuleb alajaamade ja fiidrite koormuste arvutamisel arvestada, et mõlemat seksiooni saab toita ühe söoturi kaudu. Siis, kui fiider № 9 võetakse kasutusest välja, elektri varustamine toimib fiideri № 6 kaudu:

$$I_{max} = 270.5A + 293.4 = 563.9A$$

Kuna alajaama C17 sisenditesse F.9 ja F.6 on paigaldatud kõrgepingelülitid VMG-133 1000A, jõuame järeldusele, et lüliti valimisel oli tehtud märkimisväärseid reservesid, mis tagavad katkematu töö juhul kui üks fiidritest ei tööta.

2.3 Alajaama koormus avariijärgsel talitlusel trafode ülekoormamisel

Seadmete ülekoormamine tähendab selle tööd nimikoormust ületavatel koormustel. See on võimalik nii hädaolukorras kui ka tavalises režiimis, näiteks seadmete vahetamisel, kui koormus on ületanud kavandatud väärtuse.

Trafode arvu ja võimsuse valimisel A/J-s C17 lähtutati nende arvutuslikust koormusest.

Ülesseatud trafode võimsus vastab tingimusele [5:208]

$$S_T \geq \frac{S_m}{n_T}$$

kus

S_m - alajaama maksimaalkoormus,

n_T - trafode arv alajaamas

Avariijärgses talitluses on tingimuseks

$$S_T = \frac{S_{AV}}{k * (n_T - n_V)}$$

kust

$$S_{AV} = k(n_T - n_V)S_T$$

kus

S_{AV} - alajaama koormus avariijärgsel talitlusel

n_V - väljalülitatud trafode arv

k- trafote lubatud koormatustegur avariijärgsel talitlusel (tavaliselt lubatakse 5 ööpäeval kuni 6 tunni jooksul koormatustegurit $k=1.4$).

Eelnenust järeldub, et kahe trafoga alajaamas tuleb valida

$$S_T \geq 0.7 \cdot S_{AV}$$

Ning ühe trafoga alajaamas

$$S_T \geq S_m$$

Arvutame iga alajaama, mis toidab C17, kohta koormust avariijärgsel talitlusel:

$$S_{AV} = \frac{S_T}{0.7}$$

$$\text{A/J C23 jaoks } S_{1AV} = \frac{1000}{0.7} = 1,428\text{MVA}, S_{2AV} = \frac{1000}{0.7} = 1,428\text{MVA}$$

$$\text{A/J C19 jaoks } S_{1AV} = \frac{630}{0.7} = 0,9\text{MVA}, S_{2AV} = \frac{630}{0.7} = 0,9\text{MVA}$$

$$\text{A/J C18 jaoks } S_{1AV} = \frac{1000}{0.7} = 1,428\text{MVA}, S_{2AV} = \frac{1000}{0.7} = 1,428\text{MVA}$$

$$\text{A/J C20 jaoks } S_{1AV} = \frac{320}{0.7} = 0,457\text{MVA}$$

$$\text{A/J C21 jaoks } S_{1AV} = \frac{320}{0.7} = 0,457\text{MVA}$$

$$\text{A/J C22 jaoks } S_{1AV} = 0,25\text{MVA}$$

Leiame alajaamas C17 maksimaalset võimalikku koormust avariijärgsel talitlusel:

$$S_{AV} = 1,428 \cdot 2 + 0,9 \cdot 2 + 1,428 \cdot 2 + 0,457 + 0,457 + 0,25 = 8,676 \text{ MVA}$$

2.4 Alajaama C17 koormuste graafik

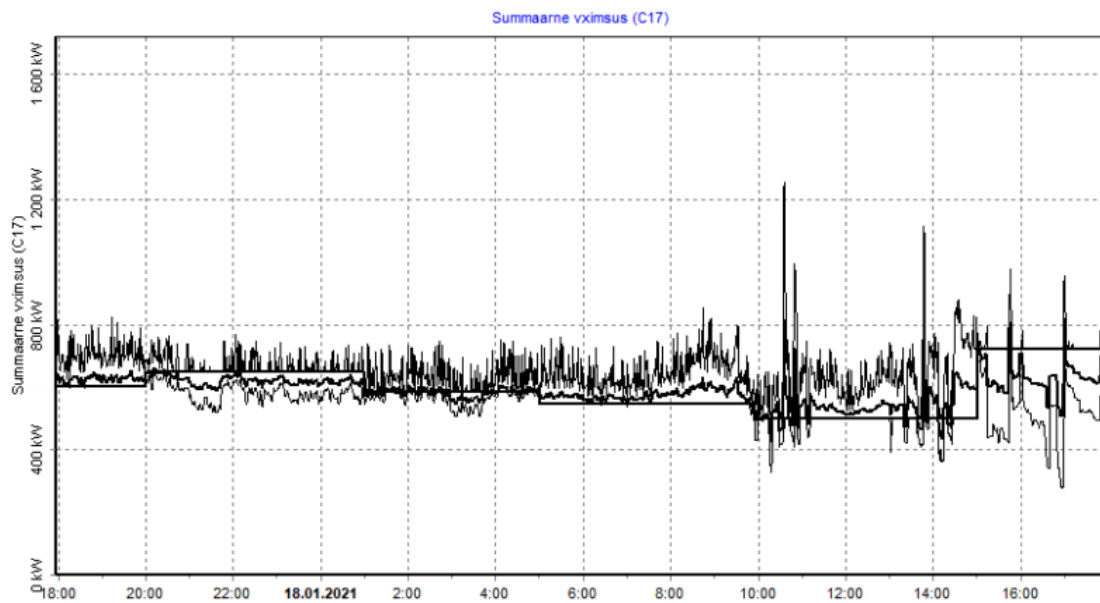
Koormuste graafik on aktiiv-, reaktiiv- või voolu koormuste muutuste kõverjoon ajas.

Elektriliste koormuste graafikute analüüs võimaldab määrata juhtmete ja kaabli südame ristlõike suurust, hinnata pingekadusid, valida elektrijaamade generaatorite võimsust, lahendada seadmete valimise tehnilisi ja majanduslikke küsimusi ning kujundada elektrile parim variant varustamist.

Töötingimustes koostatakse koormusgraafikud reeglina astmelise kõverjooni kujul vastavalt aktiiv- ja reaktiivenergia arvestite näitudele andmetest, mis võetakse võrdsete ajaintervallidest t.

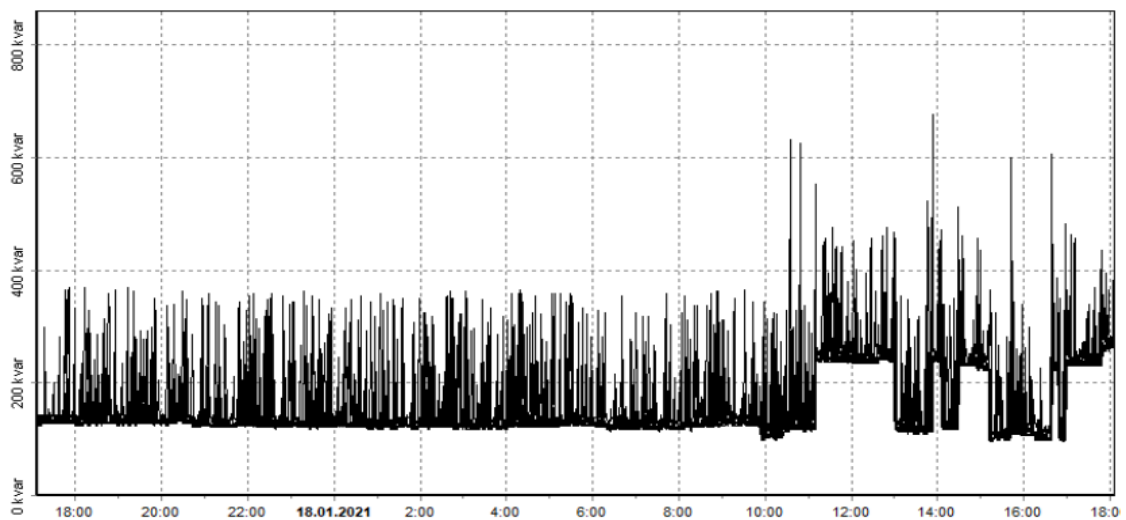
Koormusgraafikud põhinevad tavaliselt arvesti näitudel.

Analüüsiks valisin ühe kõige koormatud vahetusi 17.01.21 - 18.01.21.



Joonis 2.1 Aktiivvõimsuse mõõtmise graafik vastavalt arvestitele

Graafik näitab, et maksimaalse aktiivse koormuse hüpped toimusid hommikul ja lõuna ajal kell 10–14. $P_{max} = 1280$ kW.



Joonis 2.2 Reaktiivvõimsuse graafik

Teades reaktiivkoormust samal ajal $Q_m = 480$ kvar, leiame näivvõimsuse väärtused S :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 1,08\text{MVA}$$

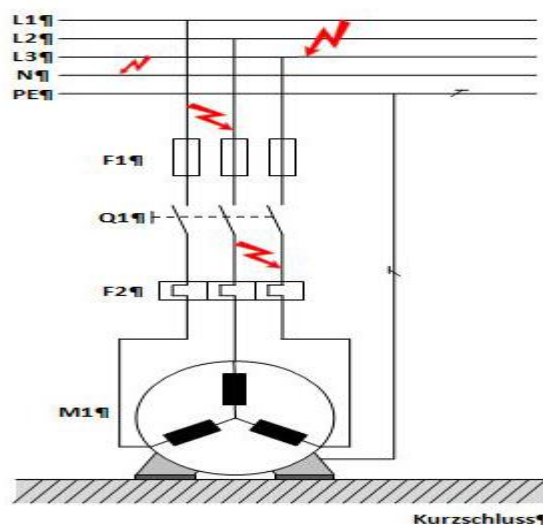


Joonis 2.3 Voolukoormuse grafiik

Voolukoormuse väärtused valitud perioodil I_{max} ei ületanud 90A.

3. LÜHISVOOLUDE ARVUTAMINE

Lühis on olematu või väikese takistusega ebanormaalne ühendus vooluahelas kahe või enama normaalselt erineva potentsiaaliga vahel [5:325]. Tavaliselt on lühised juhuslikud, kuid erandjuhul ka ettekavatsetud (õhulinide jäite sulatamine, kontrollmõõtmised ja katsetused). Lühise tagajärjel väheneb järsult elektri ahela üldine takistus, millega kaasneb voolu tunduv ja ohtlik suurenemine ning pinge märgatav alanemine. Eriti suur on voolu ja pinge muutumine lühisekoha lähedal. Pinge alanemine häirib oluliselt tarbijaid. Lühise tõttu tekib toiteallikatest äralõigatud tarbijatel toitekatkestus, muudel tarbijatel pingelohk. Suur vool põhjustab elektri juhtide liigkuumenemist ja tekitab juhtide vahel ohtlikke mehaanilisi jõudusid. Liigkuumenemine rikub isolatsiooni, vähendab mehaanilist vastupidavust ja tekib seadme süttimise oht. Lühisvooludest tingitud elektromehaanilised jõud võivad seadme purustada [5:325]. Lühisvoolude tekkemehhanismi piltlikustab joonis 3.1.



Joonis 3.1 Lühiste kujutis [4:243]

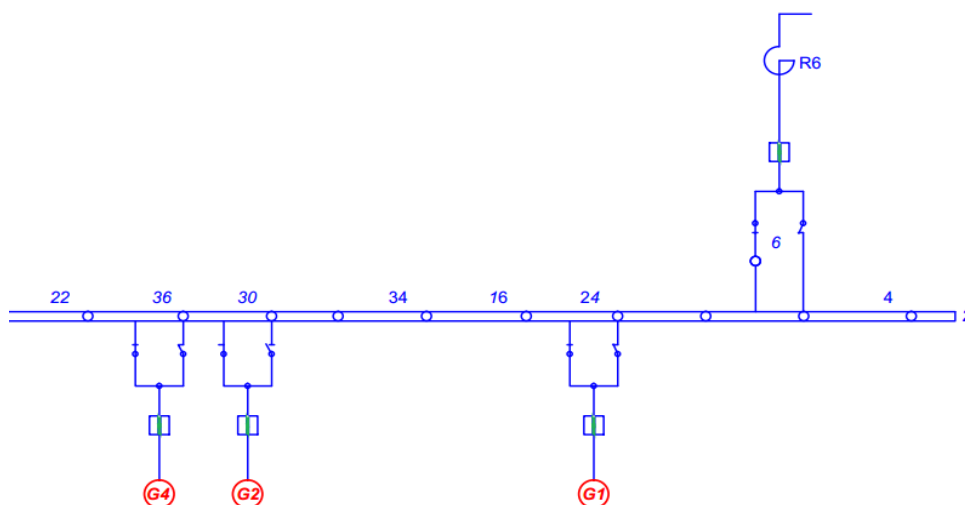
Elektriseadmete rikkest põhjustatud kahjustuste vähendamiseks lühisvoolude voolu ajal, samuti elektrivarustussüsteemi normaalse töö kiireks taastamiseks on vaja lühisevoolud õigesti kindlaks määrata ja valida elektriseadmed, kaitsevahendid ja nendel põhinevad lühisvoolude piiramise vahendid. Lühisepunktide asukohad valitakse nii, et testitud elektriseadmete lühise korral on juhid kõige ebasoodsamates tingimustes. Näiteks lülitusseadmete valimiseks on vaja valida lühise koht otse nende väljundklemmidele, kaabelliini sektsiooni valik tehakse vastavalt liini alguses olevale lühisvoolule.

Lühisvoolu leidmiseks koostatakse aseskeem, millesse võetakse kõikide lühisvoolu suurust oluliselt mõjutavate elektrisüsteemi elementide – generaatorite, sünkroonkompensaatorite, sünkroonmootorite, asünkroonmootorite, süsteemiharude, reaktorite, trafode ning kaabel- ja õhuliinide takistused.

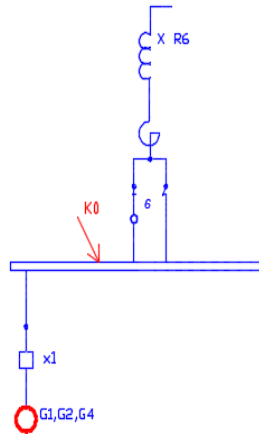
Lühisvoolude määramisel elektripaigaldistes üle 1 kV tuleb lähtuda järgmisest:

1. Kõik vaadeldava lühisepunkti toiteallikas osalevad allikad töötavad nimikoormusega samaaegselt.
2. Kõigil sünkroonmasinatel on automaatsed pingeregulaatorid ja ergastusseadmed.
3. Lühis tekib sellisel ajahetkel, kus lühisvoolul on suurim väärtus.
4. Elektromotoorjõud toiteallikatel on samasugused.
5. Iga arvestanud nimipinge võetakse 5% kõrgemaks kui võrgu nimipinge.

Lühisvoolude määramiseks vooluahela valimisel arvutatakse režiimid, milles lühisvoolude mõju toiteallikale on kõige tõsisem. Meie puhul on see režiim, milles II siinisektsioonile töötab 3 generaatorit. Lühisepunktid on määratud K0 и K1. Esiagne ning aseskeemid lühisvoolude arvutamiseks on näidatud joonistel.



Joonis 3.2 Esiagne skeem



Joonis 3.3 Aseskeem lühisega K0 punktis

Süsteemi lühisvool I_{LK0} arvutatakse valemiga:

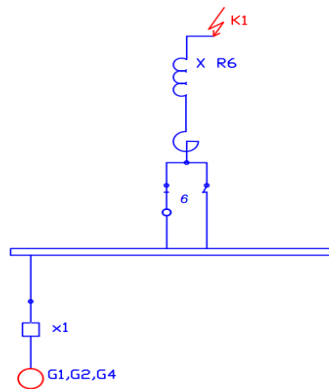
$$I_{LK0} = \frac{\varepsilon_s}{x_1 \sqrt{3}}$$

kus

$x_1 = 0,09\Omega$ - süsteemi takistus, oomides

$\varepsilon_s = 6,3kV$ - süsteemi EMJ, voltides

$$I_{LK0} = \frac{6,3}{0,09\sqrt{3}} = 40,4 \text{ kA}$$



Joonis 3.3 Aseskeem lühisega K1 punktis

Reaktori liinil tekkiva lühise korral määratakse lühisevool reaktori ja generaatori kogutakistuse järgi. Lühisvool punktis K1:

$$I_{LK1} = \frac{\varepsilon_i}{\sum x \sqrt{3}}$$

kus

$\sum x$ – süsteemi x_1 ja reaktori X_L takistuste summa

$x_1 = 0,09\Omega$ - süsteemi takistus

$\varepsilon_i = 6300V$ - elektromotoorjõud

$x_{\%} = 7,35\%$ reaktori reaktants protsentides

$$x_{\%} = \frac{X_L I_n \sqrt{3}}{U_n} 100\%$$

kus

$I_n = 600A$, $U_n = 6000V$ - reaktori nimivool ja -pinge

$$X_L = \frac{x_{\%} U_n}{100 I_n \sqrt{3}}$$

$$X_L = \frac{7,35 \cdot 6000}{100 \cdot 600 \cdot 1,73} = 0,42\Omega$$

Siit arvutame lühisvoolu punktis K1

$$I_{LK1} = \frac{6300}{(0,09 + 0,42)1,73} = 7140A = 7,14kA$$

Löökvoolu arvutamine, lähtudes lühisvoolust I_{LK1} valemiga

$$i_m = k I_{LK1} \sqrt{2}$$

Löögitegur k sõltub teatavasti ahela ajakonstandist T_a .

$$k = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}} = 1 + e^{-3,14 \frac{r}{x}} = 1,02 + 0,98e^{-3 \frac{r}{x}}$$

Peajaotla II sektsiooni jaoks, $k=1,95$

Arvutame löökvoolu

$$i_m = 1,95 \cdot 7,14 \cdot \sqrt{2} = 19,69kA$$

4. SEADMETE VALIMINE

4.1 Võimsuslüliti

Lüliti on elektriseade, mis on ette nähtud kõrgepingeahelate väljalülitamiseks ja sisselülitamiseks tava- ja avariirežiimides.

Lülitid on üks kõige olulisemaid seadmeid elektripaigaldistes. Nad peavad tagama täpse töö igas režiimis, kuna lüliti rike võib põhjustada avariasse. Lüliti peaks voolu lühise korral võimalikult lühikese aja jooksul lahti ühendama.

Valitud lüliti peab esiteks töötama tingimatult võrgu kõige tõsisemas töörežiimis vastavalt töötingimustele kogu selle tööea jooksul, milleks see on mõeldud.

Kõrgepingelülitid on jagatud mitut tüüpi, sealhulgas:

- elegaasülitid;
- vaakumlülitid;
- õlilülitid;
- õhulülitid;
- autogaasülitid;
- elektromagnetülitid;
- autopneumaatilised.

Eesmärgi järgi jaotatakse:

- võrgulülitid pingele alates 6 kV ja üle;
- generaatori lülitid pingele alates 6 kuni 20 kV;
- kõrgepingelülitid pingele alates 6 kuni 220 kV;
- koormusülitid;
- eriotstarbelised lülitid.

Praktilistel ja majanduslikel põhjustel langes minu valik vaakumlülititele. Tõestatud, et lihtsaim viis elektrikaare kustutamiseks on vaakumis, kus puudub elektrivoolu juhtiv keskkond. Vaakumlüliteid on lihtsam kasutada kui õli- või elektromagnetilisi ja asendatakse neid oma eeliste tõttu järk-järgult.

Mina valisin vaakumkaitselüliti ABB-st VD4 (vt joonis 4.1). Neid lüliteid kasutatakse jaotusvõrkudes fiidrite juhtimiseks ning kaablite, õhuliinide, trafode ja jaotussõlmede kaitsmiseks.



Joonis 4.1 Vaakumlüliti VD4 ABB

Selle lüliti peamised eelised [1]:

- kaarekustutus- ja isoleerkeskkond pole vajalik, kuna kaarkambrid ei sisalda ioniseerivaid materjale;
- puudub kontakt oksüdatsioon vaakumis;
- minimaalne hooldus;
- ajami ja käru lukud, et vältida valet kasutamist;
- kaamera kaitse löökide eest;
- pole vaja õli vahetada ja täiendada;
- nii nimivoolude kui ka lühisvoolude lahtiühendamisel kõrge kulumiskindlus;
- kasutusmugavus, väiksemad tegevuskulud;
- puhtus, hoolduse lihtsus lühisvoolude väljalülitamisel väliste mõjude ja heitmete puudumise tõttu;
- lülite suhteliselt väikesed mõõtmed ja kaal, väikesed dünaamilised mõjud konstruktsioonidele töötamise ajal;
- vaakumkamber lihtne asendamine;
- lüliti suur kiiretoimeline;
- keskkonnareostust pole.

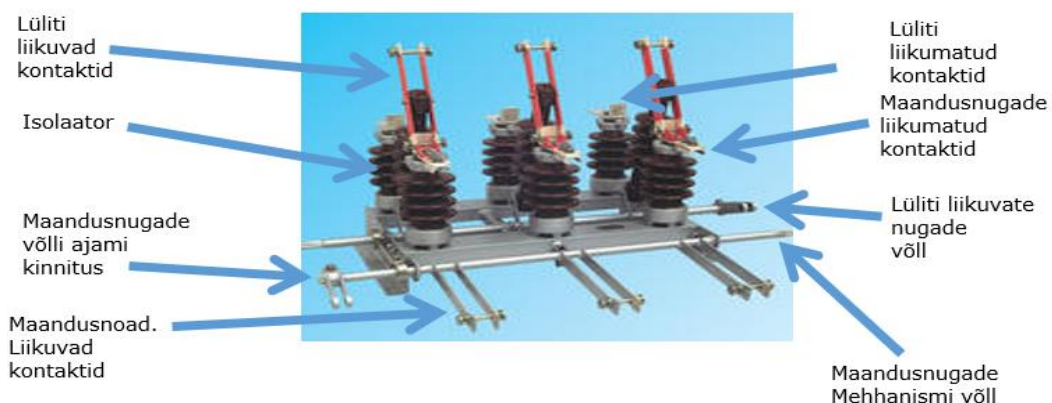
Koostame tabelit valitud lüliti tehniliste omaduste esitamiseks.

Taabel 1

Arvutusandmed	Kataloogiandmed	Valiku- ja kontrollitingimused
$U_V = 6,3kV$	$U_n = 10kV$	$U_n \geq U_V$
$I_{max} = 563,9A$	$I_n = 630A$	$I_n \geq I_{max}$
$I_{Lühis0} = 40.4kA$	$I_{välja} = 50kA$	$I_{välja} \geq I_{Lühis}$
$i_m = 101,69kA$	$i_{tipu} = 110kA$	$i_{tipu} \geq i_m$

4.2 Liinilahklüliti

Lahklüliti ülesanne on luua kaitselahutusvahemik. Lahklülitiga võib elektriahelat avada ja sulgeda, kui katkestatakse või lülitatakse sisse tühiselt väike vool. Lahklüliti ei ole mõeldud lühis- ega koormusvoolude kommuteerimiseks, kuid on võimeline etteantud aja lühisvoolu taluma [2] (vt joonis 4.2).



Joonis 4.2 Lahklüliti

Fiidrile 6 paigaldamiseks valisin Poola ettevõtte Zvae OW-10 lahküliti (vt joonis 4.3). Selle lahküliti alus on terasraam, millele on kinnitatud tugiisolaatorid, millele on paigaldatud voolu kandev seade. Lahküliti saab kasutada nii vertikaalselt kui ka horisontaalselt. Võimalik on paigaldada maandusnoad. Liikumist juhitakse mootoriga ajamiga NSW30-3 või käsiajamiga NR-1, NRK, NRW04.



Joonis 4.3 OW-10 liinilahküliti

Tehnilised omadused on toodud tabelis 2

Taabel 2

Nimipinge	10kW
Pidev nimivool	800A
Elektrodünaamiline tippvool	80kA
Termiline vool, 3 sec	31,5kA

Kõrg katsepinge:	
- maa pinnale	28kW
- klemmide vahel	32kW
Interpolaarne samm:	
- õhku isoleeritud	200mm
- õhk-isoleeritud täiendava isoleeriva vaheseinaga.	125mm

Eelised:

- Moodulkonstruksioon;
- Võimalus paigaldada ajamid translatsioon- või pöördliikumisega;
- Võimalus valida ajami kinnituse külg (vasak / parem);
- Kõrged tehnilised ja tööparameetrid;
- Võimalus paigalda elektriajamid.

Valitud lahklüliti vastab kõigile nõuetele.

4.3 Voolupiirav reaktor

Voolupiirav reaktor on ette nähtud elektrivõrgu lühise ajal tekkiva liigvoolu piiramiseks.

Reaktor on konstantse induktiivtakistusega pool, mis on ahelasse järjestikku ühendatud. Tavalises töös tekib 3-4% pingelangu [3].

Reaktori mähised on valmistatud vasest või alumiiniumist.

Reaktorid valitakse pinge, voolu ja induktiivsuse järgi.

Nimipinge valitakse vastavalt paigaldise nimipingele. Sellisel juhul eeldatakse, et reaktorid peavad pikka aega vastu pidama maksimaalsele tööpingele, mis võib töö ajal tekkida. Reaktoreid on lubatud kasutada elektripaigaldistes, mille nimipinge on madalam kui reaktorite nimipinge.

Reaktori nimivool ei tohiks olla väiksem kui vooluahela maksimaalne pidev koormusvool.

Reaktori induktiivtakistus määratakse lühisvoolu piiramiseks etteantud tasemele.



Joonis 4.4

Voolupiirava reaktori valimine

Kuiv voolupiirav reaktor

Reaktori peamine parameeter on induktiivne reaktants.

$$x_r = \omega L$$

kus

L – reaktori induktiivsus,

ω – keeru arv

Mõnides allikates

$$x_{r\%} = \left(\frac{x_r I_{nimi} \sqrt{3}}{U_{nimi}} \right) 100$$

Kuivad reaktorid on uus areng voolu piiravate reaktorite tootmisel. Mähised on valmistatud alumiiniumist või vasest keermeostatud traadist, mis on keritud dielektrilisele raamile. Projekteerimis- ja tootmisomadused vähendavad oluliselt reaktori massi ja üldmõõtmeid ning suurendavad tugevust löökvoolude mõjul mehaaniliste kahjustuste eest.

Koostame tabelit.

Taabel 3

Varustuse tüüp	Valimistingimused	Seadme andmed	Võrgu andmed
RTSTG 10 700-0,35	$U_{nimi} \geq U_{võrgu}$	$U_{nimi} = 10kV$	$U_{võrgu} = 6,3kV$
	$I_n \geq I_{max}$	$I_{nimi} = 700A$	$I_{max} = 563,9A$

	$I_{nimi} \geq I_{Lühis1}$	$I_{Lühis1} = 7,14kA$	$I_{nimi} = 25kA$
	$i_r \geq i_m$	$i_m = 19,69kA$	$i_r = 24kA$



Joonis 4.5 Voolupiirav reaktor RTSTG 10 700-0,35

Valitud voolu piirav reaktor vastab kõigile tingimustele.

KOKKUVÕTE

Sellise ettevõtte nagu VKG Energia töö on kogu kontserni jaoks äärmiselt oluline. Seetõttu on vaja õigeaegselt leida elektriseadmete nõrkused, asendada vana uuega, valida kvaliteetsed ja ohutud. Avarii vältimiseks tuleb jälgida seda, et valitud komponendid ja elektriseadmed vastaksid võrgukoormusele.

Elektrijaama jääb endiselt suur hulk nõukogudeaegseid seadmeid. Hoolimata asjaolust, et mõne paigaldise kvaliteet on endiselt kõrge, püsib olemasolevate seadmete renoveerimise küsimus siiski üsna kaua. Ja see viitab sellele, et meil on alati midagi, mille poole liigutada. Eks ju renoveerimine aitab parandada teenuste kvaliteeti, vältida õnnetusi, teenida kasumit ja automatiseerida tootmist.

Tehtud töö ei kajasta fiideri renoveerimiseks vajalike ülesannete kõiki ridu, kuid annab ülevaate olemasolevast probleemist ja näitab võimalusi selle lahendamiseks.

Samuti ei puudutanud töö sobivate seadmete valimise majanduslikke aspekte, kuna ettevõttes soovitud projektide ja parendustööde elluviimiseks pole alati vajalikke vahendeid.

SUMMARY

The work of a company such as VKG Energia is extremely important for the entire group. Therefore, it is necessary to timely identify the weaknesses of electrical equipment, replace the old with the new, choose high-quality and safe. To prevent an accident, make sure that the selected components and electrical equipment correspond to the mains load.

The power plant still has a large number of Soviet-era equipment. Despite the fact that the quality of some of them is still high, the issue of renovating existing equipment remains for quite some time. And that suggests that we always have something to move towards. After all, renovation helps to improve the quality of services, prevent accidents, make a profit and automate production.

The work done does not reflect all the lines of tasks required for the renovation of the feeder, but provides an overview of the existing problem and shows the possibilities to solve it.

The work also did not concern the economic aspects of selecting suitable equipment, as the company does not always have the necessary resources to carry out the desired projects and improvements.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. ABB [online]
<https://new.abb.com/ee> (05.05.2021) (veebilehekülg)
2. M.Meldorf, J.Kilter Elektrivõrgu-releekaitse TTÜ elektroenergeetika instituut, 2008
<https://docplayer.ee/116615625-8-elektriv%C3%B5rgu-releekaitse.html>
(20.05.2021) (veebilehekülg)
https://petz.planet.ee/elekter/ttu/4_Keskpingevorgud.pdf
(12.05.2021) (veebilehekülg)
3. Пуэ-6. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания
<https://rza.org.ua/pue/read/Glava-1-4--PUE-6--VIBOR-ELEKTRICHESKIH-APPARATOV-I-PROVODNIKOV---PO-USLOVIYAM-KOROTKOGO-ZAMIKANIYA-4.html> (29.04.2021) (veebilehekülg)
4. Electrical Installation Guide 2017, Schneider electric (10.05.2021) (ajakiri)
5. M.Meldorf, H.Tammoja, Ü.Treufeldt, J.Kilter Jaotusvõrgud 2007, TTÜ Kirjastus. (15.03.2021) (raamat pealkirja järgi)
6. В.Радкевич, В.Козловская, И.Колосова Расчет электрических нагрузок промышленных предприятий, Минск, BNTU, 2012 (10.05.2021) (käsiraamat)
7. Справочник по проектированию электрических сетей под редакцией Д.Л.Файбисовича, Москва - Энас, 2012 (10.05.2021) (käsiraamat)
8. Ю.Шаров, В.Хорольский, М.Таранов, В.Шемякин Электроэнергетика 2017, Москва: Инфра-М. (15.03.2021) (raamat pealkirja järgi).
9. VKG (online)
<https://www.vkg.ee/vkg-energia-votab-kasutusele-uu-elektritootmise-kompleksi/>
(1.03.2021) (veebilehekülg)