



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**OJAMAA kaevanduse kamberbloki KB17
elektrivarustus**

OJAMAA underground mine chamber block KB17 power supply
ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Anton Gafarov

Üliõpilaskood: 131609

Juhendaja: J. Utt, lektor

Kaasjuhendaja: T. Rätsep, peaenergeetik VKG Ojamaa Kaevandused

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.

"....." 2020.

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2020.

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2020.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Gafarov Anton (sünnikuupäev:09.09.1994)

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

Ojamaa kaevanduse kamberbloki NB17 elektrivatustus,

mille juhendaja on

Jüri Utt,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh 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 käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

TalTech Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Anton Gafarov, 131609

Õppekava, peeriala: RDPR, Energiatehnika

Juhendaja(d): Lektor, Jüri Utt, 513 5203

Konsultant: Toomas Rätsep, peaenergetik, VKG, 504 9119, Toomas.ratsep@vkg.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) OJAMAA kaevanduse kamberbloki KB17 elektrivarustus

(inglise keeles) OJAMAA underground mine chamber block KB17 power supply

Lõputöö põhieesmärgid:

1. kaabli valimine;
2. lühise arvutamine;
3. elektriseadmete (trafo, kompleksne jaotusseade jne) valimine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	TRAFO VALIMINE	22.04.19 – 28.04.19
2.	KOMPLEKSNE TRAFOALAJAAM	01.05.19 – 10.05.19
3.	KAABLI VALIMINE	12.05.19 – 20.05.19
4.	LÜHISEVOOLUD	22.05.19 – 10.06.19
5.	LEKKEVOOLUDE KAITSEAPARAAT (AZUR)	01.09.19 – 06.09.19
6.	KOMPLEKTNE JAOTUSSEADE (KRU)	01.10.19 - 08.10.19
7.	ELEKTRIOHUTUS KAEVANDUSES	10.10.19 – 14.10.19

Töö keel:Lõputöö esitamise tähtaeg: ".....".....2020.a

Üliõpilane: ".....".....2020.a

Juhendaja: ".....".....2020.a

Konsultant: ".....".....2020.a

Programmijuht: ".....".....2020.a

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA.....	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
VKG OJAMAA KAEVANDUSED.....	10
1. TRAFU VALIMINE.....	12
1.1. Üldandmed.....	12
1.2 Trafo töötingimused.....	13
2. KOMPLEKTNE TRAFOLAJAAM	14
2.1. Üldandmed.....	14
2.1.1 Kasutusala.....	14
2.2 Toodetavate trafode põhiomadused	15
2.3 Valitud alajaama peamised parameetrid ja mõõtmed.....	16
3. KAABLI VALIK.....	17
3.1 Üldine teave.....	17
3.1.1 Kaabli valik.....	17
3.2 Kaabelvõrgu mahtuvuse kontrollimine	18
3.3 Kaabli takistuse arvutamine.....	19
4. LÜHISVOOLUD	20
4.1 Üldine teave/üldandmed.....	20
4.1.1 Maksimaalse võimaliku voolu määramine lühise korral	20
4.1.2 Lühisevoolu lubatud väärtused.....	21
4.2 Lühisevoolu arvutamine.....	22
5. LEKKEVOOLUDE KAITSEAPARAAT (AZUR).....	24
5.1 AZUR.MK1 aparadi põhiülesanded.....	24
5.1.1 Aparadi sisselülitamise skeem.....	24
5.2 Seadme tehnilised andmed	25
6. KOMPLEKTNE JAOTUSSEADE (KRU)	26
7. ELEKTRIOHUTUS KAEVANDUSES.....	27
7.1 Üldised nõuded.....	27
7.1.1 Põhisuunad.....	27
7.2 Maavarade kaevandamise elektriohutuse tagamise eripärad	27
7.3 Kaevanduste kaabelvõrgud ja neile esitatavad nõuded	28

7.4 Kaitseseadmete relee käivitusvoolu sätete valimine ja kontrollimine	28
7.5 Elektrimasinad ja seadmed põlevkivikaevanduses	29
7.6 Maandus.....	30
7.6.1 Kaevanduse maandus.....	30
7.6.2 Peamine maandur	30
7.7 Kontroll ja käit	31
KOKKUVÕTE	32
SUMMARY	33
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	34
LISAD	35
LISA 1. Trafo KTPV-400/6-0,69.....	35
LISA 2. Arvutusandmed	37
LISA 3. Kaevanduse seadmed.....	38

EESSÕNA

Traditsiooniliselt nimetatakse kaevanduseks söe või põlevkivi maa-aluse kaevandamise ettevõtet.

Kaevandus on mehhaniseeritud ja automatiseeritud ettevõtte, mis on varustatud tööstuslike masinate ja mehhanismidega maavarade kaevandamiseks ja transportimiseks, kaeveõõnte rajamiseks, veekõrvaldamiseks ja ventileerimiseks. Võimsate maardlate arendamisega kaevanduste kasutusiga ulatub 50–70 aastani või rohkem.

Kaevandus hõlmab maapealseid rajatisi: tõstetornid, kaevandusehooned, peamised ventilatsiooniseadmed, purustus- ja sõelumisvabrikud, laod ja allmaakaevanduste kompleks, mis on kavandatud maavarade kaevandamiseks kaevandusvälja ulatuses.

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö, Trafo, Kaevandus, Kaabel, Elektrivarustus

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

DU - Kraapkonveier

SPS – Purustusseade

KLZ – Lineaarkonveier

KTPV (КТПВ) – Komplektne trafoaljaam

JK-SPB-DU – Juhtimispuul

KRUUV – Komplektne jaotusseade

TSVP – Trafo

Nr – Number

UHL 5 (УХЛ 5): UHL - parasvöötme ja külmade makrokliimaatiliste piirkondade kombinatsioon. 5 - töötada niisketes suletud ruumides, kus puudub küte ja ventilatsioon, vee või kondensaadi juuresolekul

KP – kõrgepinge

NN – madalaim nimipinge

GOST – Venemaa standart

IP – Elektriseadme kaitseklass (International Protection Marking)

AZUR – Lekkidevoolu kaitseseade

SISSEJUHATUS

Seoses Ojamaa kaevandusvälja laiendamise ja uute kambriplokkide rajamisega on energeetikainseneri ülesanne kavandada ja arvutada kambriploki toitesüsteem.

Kambriploki toitesüsteem on kogum elektrienergia allikatest, elektriliinidest, jaotusseadmetest, aga ka kaitsest, automatiseerimisest ja signalisatsioonist, mis on omavahel ühendatud ühise töörežiimiga.

Kambriploki peamised elektriseadmed on toitetrafo, kompleksne jaotusseade ja juhtimispuul.

Peamised elektritarbijad on purusti, kraap- ja lineaarne konveier.

Selle töö eesmärk on Ojamaa kaevanduse kambriploki nr 17 elektrivarustuse arvutamine ja projekteerimine, samuti kaablite ja elektriseadmete valimine ploki maksimaalse energiatõhususe saavutamiseks.

Lõputöö peamised eesmärgid:

1. kaablite valik;
2. lõhisvoolude arvutus;
3. elektriseadmete (trafo, jaotusseadmed jne) valik.

Kambriploki toiteks kasutatakse pinget 690V.

VKG OJAMAA KAEVANDUSED

Põlevkivi kaevandamise eest vastutab kontsernis tütarettevõtte VKG Kaevandused OÜ, kellele kuulub Ojamaa kaevandus.

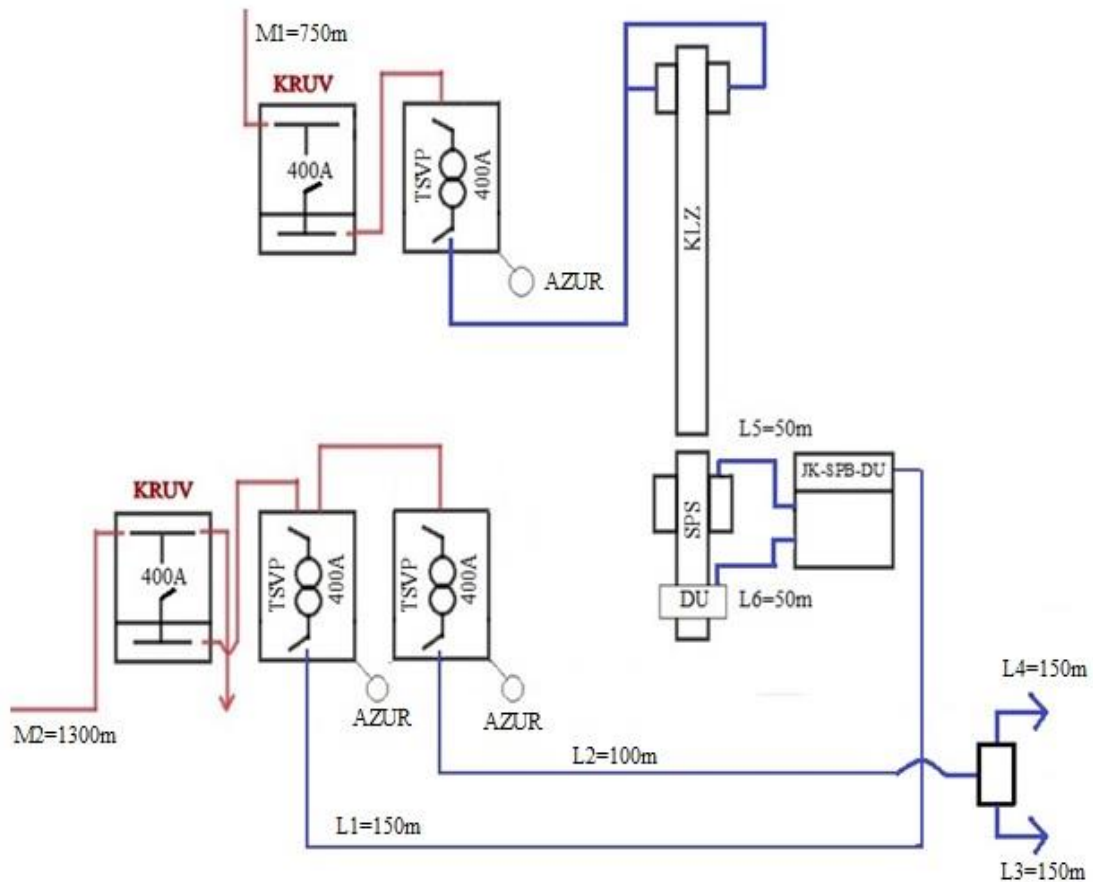
VKG sai loa kaevandustegevuseks Ojamaa kaevanduses 2004. aastal ning kaevanduse avamise ettevalmistustööd algasid 2007. aastal. 2009. aasta juulis langetati esimene kopp maasse. Ojamaa asub VKG tööstuspiirkonnast lõunas, 12,5 kilomeetri kaugusel.

2010. aastal alustati 12-kilomeetrise konveieri ehitamist, 2012. aasta jaanuaris see käivitati. 2012. aasta aprillis käivitati Ojamaa rikastusvabrik. Ojamaa kaevandus saavutas oma projekteerimisvõimsuse 2013. aasta mais.



Joonis 1 VKG Ojamaa Kaevandused OÜ

ELEKTRIVARUSTUSE SKEEM – KB17



Joonis 2 Elektrivarustuse skeem – KB17

Tabel 1 Lühendite tähendus KB17 skeemil

Lühend	Tähendus	Võimsus kW
DU	Kraapkonveier	2x37
SPS	Purustusseade	2x90
KLZ	Linearkonveier	2x90
JK-SPB-DU	Juhtimispuul	
KRUV	Komplektne jaotusseade	
TSVP	Trafo	
	0,69kV kaablid	
	6kV kaablid	

1. TRAFOD VALIMINE

1.1. Üldandmed

Projekti ja töödokumentatsiooni etapis valitakse konkreetsel projekteerimisel rajatise trafode tüüp, arv ja võimsus. Trafode arv ja võimsus määratakse kindlaks väikseim vesteringu, minimaalsete ekspluatatsioonikulude, 8–10-aastase tasuvusaja, värviliste metallide miinimumi ja elektritoite kindluse tagamise tingimustes. Trafosid peaks püüdma paigaldada tüüpsuuruste minimaalse arvuga. See tagab trafode laovarude vähendamise. [4]

Trafo võimsus tuleb valida nii, et selle koormus vastaks kõige ökonoomsemale režiimile, mis sõltub suuresti elektrikao maksumusest. Väikeste väärtuste korral on trafo optimaalne koormus nimiväärtusest suurem, st ülekoormusega on kasulik töötada juhul, kui see on lubatud päevase koormusgraafiku, jahutuskeskkonna ekvivalentse temperatuuri, trafo pideva kuumutamisaaja ja jahutussüsteemi tüübi tingimuste järgi. Suvel oleva ülekoormuse iga protsendi kohta on talvel lubatud täiendav ülekoormuse protsent, kuid mitte rohkem kui 15%, kogukoormuse korral mitte üle 150%. [4]

Kaevandusettevõtetes kasutatakse õhu- ja õlijahutusega jõutrafosid. Eesti kaevanduses, sealhulgas Ojamaa kaevanduses, kasutatakse neid loomuliku õhkjahutusega. Õlijahutusega trafosid ei kasutata. Söetööstusele loomuliku õhkjahutusega trafod toodetakse võimsusega 2,5–630 kV•A ja neid kasutatakse peamiselt maa-alustesse töökohtadesse ja ohtlikesse piirkondadesse paigaldamiseks. [5]

Trafo võimsuse saab kindlaks määrata koormusgraafikute ja on määratud tarbijate võimsuse järgi. Mõlemad meetodid on ekvivalentsed sarnased, need võimaldavad kindlaks teha trafo vajaliku võimsuse tööks lubate täpsustega. Trafo võimsuse arvutamine tarbijate määratud võimsuse põhjal on vähem aeganõudev. [5]

1.2 Trafo töötingimused

- a) Kliimatingimuste nominaalväärtused, selle juures:
1. Ümbritseva õhu temperatuur – - 10 kuni + 35°C;
 2. Suhtelise õhuniiskuse ülemine väärtus – (98±2)% temperatuuri (35±2)°C juures
- b) Keskkond on plahvatusohtlik gaasi (metaan) ja/või tolmu tõttu, tolmusisaldus kuni 1000 mg/m³
- c) Mehaanilise välismõju tegurite nimiväärtused mehaanilise teostusgrupi M1 jaoks [1]

Tabel 1.1 Toote põhiandmed [1]

Alajaama tüüp	KTPV-400/6-0.69 UXLP5
Tootjanumber	Nº100
Automaatlüliti TS400N	NºPO1010740041E20EV101
Lekkevoolude kaitseaparaat AZUR-1MK	Nº302
Komplekskaitse plokk BK3-3MK	Nº1153
Kaugjuhtimisplukk BDU-4-2	Nº315
Koormuse indikatsiooni plokk BIN4.MK	Nº615
Koormuse indikatsiooni plokk BIN2.MK	Nº226
Plahvatuskaitse tase ja tüübid	PB Exd
Kaitse tase, mida tagavad mähised	IP54

2. KOMPLEKTNE TRAFOTALAJAAM

2.1. Üldandmed

Ojamaa kaevanduses kasutatakse komplektset trafo alajaama KTPV-400 / 6-0.69 UHL5 plahvatuskindlat tüüpi.

Kaevanduse peamine trafo töötab pingega 6/0,69 kV.

Plahvatuskindlad trafo alajaamad KTPV on ette nähtud kolmefaasilise voolu tarnimiseks gaasi (metaani) ja/või tolmu suhtes ohtlikesse maa-alustesse töödesse paigaldatavate elektrivastuvõtjate jaoks, samuti lekkevoolude kaitseks ja madalpingeliinide maksimaalseks voolukaitseks.

2.1.1 Kasutusala

Kasutusala on maa-alused kaevandused ja nende maapealsed ehitised, mis on ohtlikud kaevandusgaaside ja/või tolmu suhtes plahvatuskaitse märgistuse kohaselt. Alajaamade peamised tarbijad on kaevandusettevõtted, kes arendavad maavarade maa-aluseid kaevandusi. [1]



Joonis 2.1 Trafoalajaam

2.2 Toodetavate trafode põhiomadused



Joonis 2.2 Trafo

Tabel 2.2 Põhiomadused [1]

Omadus	Väärtus
Nimivõimsus, kV•A	100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1250, 1600
Sagedus, Hz	50
Kõrgem nimipinge (KP), kV	6,0
Madalaim nimipinge (NM) või pingete ühitamine, kV	0,40; 0,69; 1,20; 0,69/0,40; 1,20/0,69;
Lühispinge, % toodud 115°C	3,0-5,5
Tühijooksuvool, %	0,95-1,5
Kaitse tase, mida tagavad mähised, vastavalt GOST 1425496	mitte alla IP54

2.3 Valitud alajaama peamised parameetrid ja mõõtmised

Tabel 2.2 Peamised tehnilised andmed [2]

Parameeter ja suurus		Tüübi väärtus
Nimivõimsus, kV·A		400
Nimisagedus, Hz		50
Faaside arv		3
Mähiste nimisagedus, kV:	KP	6,0
	MP	0,69
Nimivool, A	KP	38,49
	MP	334,69
Meetod, pingete reguleerimise vahemik		PBV, ±5%
Mähiste skeem ja ühendusgrupp		Y/D-11
Jahutus		Loomulik, õhkjahutus
Rööbe, mm		-
Üldmõõtmised (ilma rattapaarideta), mm, mitte suurem	pikkus	3450
	laius	1160
	kõrgus	1540
Mass (ilma rattapaarideta), kg, mitte suurem		3100

3. KAABLI VALIK

3.1 Üldine teave

Kaableid kasutatakse laialdaselt elektripaigaldistes. Ojamaa kaevanduses on kogu kaevanduskohtade kaabelvõrk pandud kaevandusse. Elektrienergia peamine jaotus toimub pingel 6kV. Kaevandustehnika on ühendatud 690V võrguga. Kaevanduses kasutatakse ainult vasksoontega kaableid. 6/0,69kV tarbijad saavad tavaliselt energiat kaabelliinide kaudu, mis alajaamades pannakse esmalt jaotusseadme kaablitunnelitesse ja seejärel kaabelkonstruktsioonidesse. Kaablite püsitingimused: temperatuur +8, +10 °C, nii suvel kui ka talvel.

3.1.1 Kaabli valik

Kaablid valitakse:

seadme pinge järgi

$$U_{nim} \geq U_{võrk.nim} \quad (3.1)$$

parima majandusliku tiheduse järgi

$$q_e = I_{norm} / J_e \quad (3.2)$$

lubatud voolu järgi

$$I_{max} \leq I_{lub}, \quad (3.3)$$

kus I_{lub} on pikaajaline lubatud vool, võttes arvesse kõrvuti asetatud kaablite arvu parandust (kaevanduses asetatakse kaablid piki konkse, mis on tugitervikusse sisse löödud) κ_1 ja ümbritseva õhu temperatuuri κ_2 :

$$I_{lub} = \kappa_1 \times \kappa_2 \times I_{lub.nim}, \quad (3.4)$$

kus $I_{lub.nim}$ on lubatud vool südamiku normaliseeritud temperatuuril, °C; vastavalt kummi- ja plastisolatsiooniga kaablitele PUE $\theta_{lub} = + 65$ °C, kuni 35 kV kaablitele (kuna kaevanduses ei kasutata 35 kV kaableid, pole mõtet neile viidata) isolatsiooniga impregneeritud kaablipaberist plii-, alumiiniumi- või polüvinüülkloriidkestaga:

U_{nim} , kV..... kuni 3 6 10 20 ja 35

θ_{lub} , °C.....+80 +65 +60 +50

Parandustegurid κ_1 ja κ_2 leitakse teatmeteostest.

Kaablite ristlõike valimisel tuleks arvestada nende lubatud ülekoormusega, mis määratakse sõltuvalt paigalduse tüübist, maksimumi kestusest ja eelkoormusest.

Tavalistes tingimustes valitud kaablite soojuspüsivust kontrollitakse antud tingimustes

$$\theta_{\kappa} \leq \theta_{\kappa.lub} \text{ või } q_{min} \leq q \quad (3.5)$$

Selle juures kontrollitakse väikese pikkusega kaableid voolu suhtes lühise juhul kaabli alguses; astmelise ristlõikega üksikjuhtmeid kontrollitakse lühise korral voolu

suhtes iga võrguosa alguses. Kaks paralleelset või enamat kaablit kontrollitakse voolude suhtes lühise juures punktis otse kaablikimbu taga, st võttes arvesse lühisevoolu hargnemist [6]

Tabel 3.1 Kaabli tüübi ja ristlõike valik

Vasuvõetud kaabli tüüp	Kaabli tähis skeemil	Kaabli pikkus, m	Voolupinge, V
N2XSEY 3x25+1x16	M1	750	6000
N2XSEY 3x25+1x16	M2	1300	6000
KOGES 3x70+1x10	L1	150	690
KOGES 3x70+1x10	L2	100	690
KOGES 3x50+1x10	L3	150	690
KOGES 3x50+1x10	L4	150	690
KOGES 3x70+2,5x3+1x6	L5	50	690
KOGES 3x70+2,5x3+1x6	L6	50	690

3.2 Kaabelvõrgu mahtuvuse kontrollimine

Jaoskonna võrgu eeldatav mahtuvus maapinna suhtes määratakse kindlaks erinevat tüüpi kaablite mahtuvuse keskmiste väärtuste järgi. Need kaablid on osa vaadeldava alajaamaga ühendatud projekteeritud toitevõrgust. Kaabli läbilaskevõime keskmised väärtused määratakse kindlaks teatmiku järgi. Kaabelvõrgu mahtuvuse arvutamine on esitatud tabelis 3.2

Tabel 3.2 Kaablivõrgu mahtuvus takistuse arvutamine

Kaabli tähis skeemil	Kaabli tüüp	Kaabli pikkus, m	Mahtuvuse keskmine väärtus, $\mu\text{F}/\text{km}$	Kaabli mahtuvus, $\mu\text{F}/\text{faas}$
L1	KOGES 3x70+1x10	150	0,72	0,108
L2	KOGES 3x70+1x10	100	0,72	0,108
L3	KOGES 3x50+1x10	150	0,605	0,09075
L4	KOGES 3x50+1x10	150	0,605	0,09075
L5	KOGES 3x70+2,5x3+1x6	50	0,72	0,108
L6	KOGES 3x70+2,5x3+1x6	50	0,72	0,108
Kaablite koogumahtuvus				0,6135

Võttes arvesse elektrimootorite ja elektriseadmete võimsust, on võrgu koguvõimsus järgmine:

$$C_{\text{üld}} = 1,1 C_{\text{kab.}}$$

$$C_{\text{üld}} = 1,1 \cdot 0,6135 = 0,675 \mu\text{F.}$$

Seega vastab võrgu üldmahtuvus nõuetele.

$$C_{\text{üld}} \leq 1,0 \mu\text{F. [8]}$$

3.3 Kaabli takistuse arvutamine

Kaabli takistuste arvutuse tulemused on koondatud tabelisse 3.3. Aktiivtakistused tuleb võtta kaabli töötemperatuuri jaoks + 65 °C. [4]

S_i ristlõikega kaabli kohta info puudumisel teatmikust saab kindlaks teha:

- aktiivtakistus $r_{0i} = 0,423 \cdot 50 / S_i$, Ohm/km; (3.5)

- induktiivtakistus $x_{0i} = 0,075$, Ohm/km. (3.6)

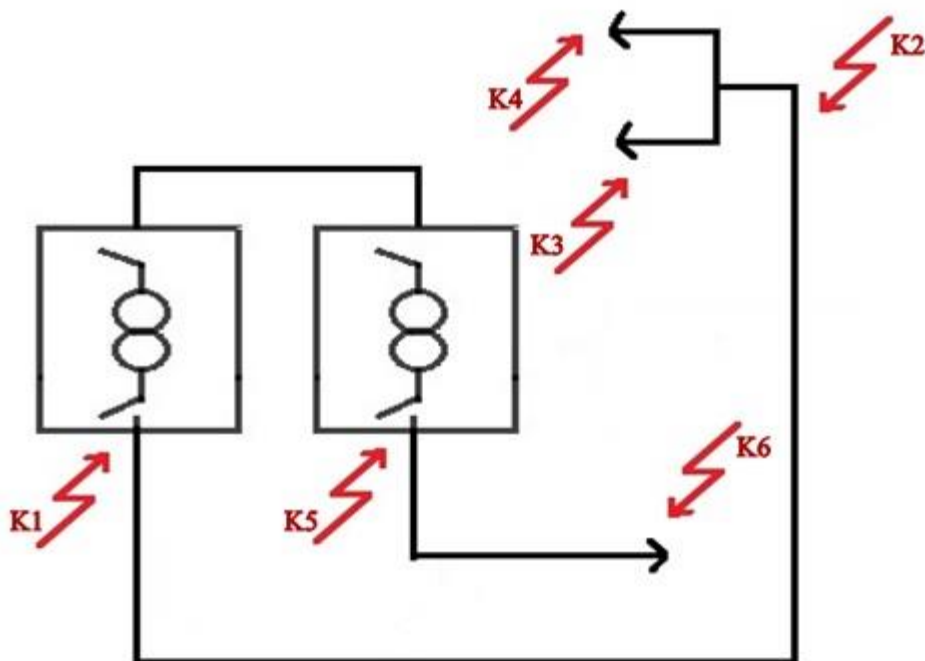
Tabel 3.3 Kaabli aktiivtakistuse arvutamine

Kaabli tähis skeemil	Kaabli tüüp	Kaabli pikkus, m	Eritakistus, Ohm/km		Kaabli takistus, Ohm	
			r_o	x_o	r_k	x_k
L1	KOGES 3x70+1x10	150	0,260	0,075	0,0039	0,0000612
L2	KOGES 3x70+1x10	100	0,260	0,075	0,0039	0,0000612
L3	KOGES 3x50+1x10	150	0,423	0,075	0,0063	0,0000635
L4	KOGES 3x50+1x10	150	0,423	0,075	0,0063	0,0000635
L5	KOGES 3x70+2,5x3+1x6	50	0,260	0,075	0,0039	0,0000612
L6	KOGES 3x70+2,5x3+1x6	50	0,260	0,075	0,0039	0,0000612

4. LÜHISVOOLUD

4.1 Üldine teave/üldandmed

Lühis on erineva potentsiaalväärtusega elektri ahela kahe punkti elektriühendus, mida seadme konstruktsioon ei näe ette ja mis rikub selle normaalset tööd. Lühis võib tekkida pingestatud elementide isolatsiooni või isoleerimata elementide mehaanilise kontakti rikkumise tagajärjel. Samuti on lühis seisund, kui koormustakistus on väiksem kui jõuallika sisemine takistus.



Joonis 4.1 Lühisvoolu arvutamise punktid

4.1.1 Maksimaalse võimaliku voolu määramine lühise korral

Kaablite kontrollimiseks lühise korral kaabli alguses peab kõigepealt kindlaks määrama kaabli alguses maksimaalse võimaliku lühisevoolu. Lühise režiimis tuleb kontrollida kaableid ja muid juhte pingega üle 1 kV. Elektripaigaldistes kuni 1 kV toimub selline kontroll ainult jaotuskilpide, voolujuhtmete ja elektrikappide jaoks. Seadmete ja juhtide termilise stabiilsuse määramiseks tuleb lühise arvutusliku tüübina võtta kolmefaasiline lühis. Arvutuslik lühisevool tuleb kindlaks määrata, lähtudes kahjustuse olukorrast vaatlusaluse vooluahela selles punktis lühisevoolu korral, kus selle vooluahela seadmed ja juhid on kõige raskemates tingimustes.

4.1.2 Lühisevoolu lubatud väärtused

Lubatud lühisevoolu väärtused kaablite jaoks määratakse sõltuvalt kaabli materjalist ja ristlõikest ning lühisevoolu läbimise kestusest.

Lühisevoolu termiline toime tegeliku läbimise ajal t_d iseloomustab seda püsivoolu fiktiivne aeg t_f sama termilise efektiga.

Fiktiivne aeg määratakse sõltuvalt suhtest:

$$\beta = \frac{I''}{I_\infty} \quad (4.1)$$

kus I'' - lühisevoolu perioodilise komponendi kehtiv väärtus/ tegeväärtus alghetkel, A

I_∞ - püsiv lühisevool (kehtiv väärtus/ tegeväärtus), A.

Tegelik aeg t_t koosneb liini maksimumvoolu kaitsel seadistatud viivitusest ja lahutusseadme (toitelüliti) omast ajast.

Kiire automaatse taaskäivitusega liinide juhtide soojuspüsivuse kontrollimisel tuleb arvestada juhtmete kuumutamise suurenemisega lühise kogukestuse suurenemise tõttu.

Lühise voolu arvutamisel 6-10 kV jaotusvõrkudes sumbumist ei võeta väga sageli arvesse. Sel juhul võib fiktiivset aega võtta tegelikuga võrdsena ja juhtide soojuspüsivuse kontrollimist lihtsustab see, et fiktiivset aega pole vaja kindlaks määrata.

Ristlõige, mis tagab juhi termilise stabiilsuse lühisevoolule fiktiivse aja t_f etteantud väärtuse jaoks, määratakse järgmiselt:

$$F = I_\infty \frac{\sqrt{t_f}}{C} \quad (4.2)$$

kus:

F- kaabli soone ristlõige, mm kV

C - konstant, mis määratakse sõltuvalt südameke kuumutamise antud lõpptemperatuurist ja pingest. [7]

4.2 Lühisevoolu arvutamine

Kahefaasiline lühisevool kaevanduse madalpingevõrgu mis tahes punktis määratakse järgmise valemi abil:

$$I_{\kappa.3.\min}^{(2)} = \frac{U_o}{2\sqrt{(r_{mp} + \sum r_k)^2 + (x_{mp} + \sum x_k)^2}}, \quad (4.3)$$

kus:

r_{tr} – trafo aktiivtakistus;

$\sum r_k$ – kaablite summaarne aktiivtakistus, mis on võetud südamike töötemperatuuri arvutamisel + 65 ° C, mille kaudu lühisvool läbib järjestikku vaadeldavale punktile (määratakse tabeli 3.3 andmete põhjal);

x_{tr} – trafo induktiivsus;

$\sum x_k$ – kaablite summaarne induktiivtakistus, mille kaudu lühisvool läbib järjestikku vaadeldavale punktile (määratakse tabeli 3.3 andmete põhjal).

Trafo induktiiv- ja aktiivtakistus määratakse valemiga:

$$x_{mp} = 10u_{\kappa.3} \frac{U_o^2}{S_H} = 0,12200435 \quad (4.4)$$

$$r_{mp} = P_{\kappa.3} \frac{U_o^2}{S_H^2} = 0,0082 \quad (4.5)$$

Kolmefaasilised lühisevoolud samades punktides, mille jaoks arvutati kahefaasilised lühisevoolud järgmiselt:

$$I_{\kappa.3.\max}^{(3)} = 1,6 \cdot I_{\kappa.3.\min}^{(2)}, \quad (4.6)$$

kus 1,6 - summaarne teisendustegur kahefaasilisest lühisevoolust, mis määratakse selle miinimumväärtust soodustavate tingimuste jaoks, kolmefaasilise lühisevooluni, mis määratakse selle maksimaalset väärtust soodustavate tingimuste jaoks.

Lühisevoolud K1 ja K5 punkti jaoks:

K1 ja K5 arvutamist ei nõuta, kuna kaablid ei lähe neisse punktidesse. Amperite arv võetakse tabelist Lisa 2 Joonis 1 ja see võrdub mõlemas punktis 7656-ga.

K1 = 7656 A,

K5 = 7656 A.

Määrame lühisevoolud K2 punkti jaoks:

$$\sum r_{K2} = r_{L1} = 0,0039 \text{ Ohm}; \quad \sum x_{K2} = x_{L1} = 0,0000612 \text{ Ohm}.$$

$$I_{K.3.K2} = \frac{690}{2\sqrt{(0,0082+0,0039)^2 + (0,12200435+0,0000612)^2}} = 2760A,$$

$$I_{K.3.K2} = 1,6 \cdot 2760 = 4523A,$$

Määrame lühisevoolud K3 punkti jaoks:

$$\sum r_{K3} = r_{l1} + r_{l6} = 0,0039 + 0,0039 = 0,0078 \text{ Ohm};$$

$$\sum x_{K3} = x_{l1} + x_{l6} = 0,0000612 + 0,0000612 = 0,0001836 \text{ Ohm};$$

$$I_{K.3.K3} = \frac{690}{2\sqrt{(0,0082+0,0078)^2 + (0,12200435+0,0001836)^2}} = 2752A,$$

$$I_{K.3.K3} = 1,6 \cdot 2752 = 4403A,$$

Määrame lühisevoolud K4 punkti jaoks:

$$\sum r_{K4} = r_{l1} + r_{l5} = 0,0039 + 0,0039 = 0,0078 \text{ Ohm};$$

$$\sum x_{K4} = x_{l1} + x_{l5} = 0,0000612 + 0,0000612 = 0,0001836 \text{ Ohm};$$

$$I_{K.3.K4} = \frac{690}{2\sqrt{(0,0082+0,0078)^2 + (0,12200435+0,0001836)^2}} = 2752A,$$

$$I_{K.3.K4} = 1,6 \cdot 2752 = 4403A,$$

Määrame lühisevoolud K6 punkti jaoks:

$$\sum r_{K5} = r_{l2} = 0,0039 \text{ Ohm}; \quad \sum x_{K5} = x_{l2} = 0,0000612 \text{ Ohm}.$$

$$I_{K.3.K5} = \frac{690}{2\sqrt{(0,0082+0,0039)^2 + (0,12200435+0,0000612)^2}} = 2760A,$$

$$I_{K.3.K5} = 1,6 \cdot 2760 = 4523A.$$

Tabel 4.1 Kahefaasilise lühisevoolu tabel

Punkt	Kaabli ristlõige	Kaabli pikkus	Taandami skoeffitsient	Kaabli taandatud pikkus	Kaabli taandatud pikkus	Kahefaasilise lühisevool
K1						7656
K2	70	150	0,72	108	108	4394,8
K3	70	50	0,72	36		
K4				36+108	144	3718
K5						7656
K6	70	100	0,72	72	72	3718

5. LEKKEVOOLUDE KAITSEAPARAAT (AZUR)

Lekkevoolude kaitseseade AZUR.1MK hoiab ära inimeste elektrilöögi või muud maapinnale lekkimise tagajärjed. Seda kasutatakse kolmefaasilise vahelduvvoolu elektrivõrkudes sagedusega 50 Hz pingega 690 V trafo isoleeritud neutraaliga. [12]

5.1 AZUR.MK1 aparadi põhiülesanded

Seade jälgib pidevalt võrgu isolatsioonitakistust 690 V juures. Pinge suuruse määrab seade automaatselt, see seab ise sätte ilma operaatorita. Mõõtevoolu mõõtmine ja juhtimine toimub trafo sisseehitatud mikrokontrolleri väljundis. Mikrokontroller kontrollib mõõtevooluahela elemente. Samal ajal testivad vooluahela elemendid ennast. Järgmisena mõõdetakse pinge suurus. Käidu ajal kontrollitakse seadme jõudlust takistite abil. Samuti on seadmel sisseehitatud valgussignalisatsioon. [12]

5.1.1 Aparadi sisselülitamise skeem



Joonis 5.1 AZUR.MK1 sisselülitamise skeem [12]

5.2 Seadme tehnilised andmed

Tabel 5.1 Tehnilised andmed [12]

Parameetrid	Väärtused
Kaitstava kolmefaasilise vahelduvvoolu sagedusega 50 Hz nimipinge, V	690
Seadme toitepinge, V	127
Võrgu mahtuvuse muutus, μF faasi kohta	0 kuni 1,0
Käivitustakistus sümmeetrilise kolmefaasilise lekke korral, k Ω m faasi kohta, mitte vähem:	
võrgupingel 380 V	10
võrgupingel 660 V	30
Käivitustakistus ühefaasilise lekke korral, k Ω m, mitte suurem:	
võrgupingel 380 V	15
võrgupingel 660 V	20
Käivitustakistus isolatsiooni hoiatuskontrolli režiimis	võrdne seadme käivitustakistusega lekkerelee režiimis
Tarbimisvõimsus, kV•A, mitte suurem	0,025
keskmine kasutusiga enne mahakandmist, aastat, mitte vähem kui	5
Kaitseseadme gabariidid, (L x P x S), mm	156x320x177
Kaitseseadme mass, kg, mitte rohkem kui	8

6. KOMPLEKTNE JAOTUSSEADE (KRU)

Komplektne jaotusseade (KRU) on elektriseade, mille ülesanne on elektrienergia vastuvõtmine ja jaotamine. Lülitusseade sisaldab kommutatsiooniapaatide komplekti, kogumis- ja ühendussiinid, abiseadmed ning kontroll- ja mõõteriistad.

Jaotusseade on ette nähtud elektrienergia vastuvõtmiseks ja jaotamiseks pingega 6 kV ja sagedusega 50 Hz, isoleeritud neutraaliga võrkude kaitseks ja põlevkivikaevanduste maa-aluste voolukogujate haldamiseks, mis on ohtlikud gaasi ja tolmu suhtes.

KRU on plahvatuskindel, kaugjuhtimispuldi sädemeohutute vooluahelatega, sellel on plahvatusohutuse tase ja plahvatuskaitse märgistus RV 4B. [3]



Joonis 6.1 KRUV

7. ELEKTRIOHUTUS KAEVANDUSES

7.1 Üldised nõuded

Mäetööstusettevõtete elektrifitseerimine on oluline kaevandamise tervikliku mehhaniseerimise ja automatiseerimise peamise energiabaasina. Kaasaegsed kaevandusettevõtted on suured elektrienergia tarbijad, millel on iseloomulikud eripärad, mis on seotud masinate ja mehhanismide töötingimustega.

Kaevandamistingimuste eripära tingis ettevõtete energiavarustusele ja paljude probleemide lahendamisele mitmeid erinõudeid, mis olid seotud:

- elektripaigaldiste, elektrimasinate ja -seadmete töö ohutusnõuete järgimisega;
- kaitsega ühefaasiliste maapõrgete eest;
- kaitsega atmosfääri ja lülituspingete eest;
- releekaitse ja ülepingekaitsega;
- töötajate kaitsega elektrilöögi eest. [14]

7.1.1 Põhisuunad

Mäetööstuses toimuva tehnilise protsessi peamised suunad on maavarade kaevandamise efektiivsuse suurendamiseks tehnika ja tehnoloogia laialdane täiustamine koos nende kvaliteedi parendamisega, ohutuks tööks vajalike tingimuste tagamiseks uute vahendite väljatöötamine ja juurutamine, kõrgelt mehhaniseeritud karjäärade ja avaväljade loomine kõigi tootmisprotsesside automaatse juhtimisega.

7.2 Maavarade kaevandamise elektriohutuse tagamise eripärad

Kaevandustes töötavaid elektriseadmeid mõjutavad mõned tegurid, mille koostoime määrab käidutingimused. Mõju võib jagada nelja rühma:

- 1) määratavad kaevandamise ja geoloogiliste tingimuste järgi: maavara kaevandamise iseärasused; piiratud tööruum ja keeruline ligipääs ülevaatuste ja remonditööde ajal. See tegurirühm määrab kindlaks elektriseadmete teostustüübi ja nõuded nende ohutuks kasutamiseks;
- 2) elektriline iseloom: koormusvoolud, toite- ja tööpinge muutused, kommutatsioonilülituste arv, lühisevoolud, ülekoormuste olemus, nende kestus jne. See tegurirühm määrab kindlaks elektripaigaldiste energiarežiimi ja esitab ka mitmeid nõudeid nende ohutu töö tagamiseks;
- 3) mehaaniline iseloom: vibratsioonid ja löögid, mis tekivad kaevanduses elektriseadmete transportimise ja liikumise ajal. See tegurirühm määrab kindlaks elektriseadmete mehaanilise tugevuse ja kaalu nõuded;
- 4) keskkond: temperatuur, niiskus, kaevanduse atmosfääri tolmusus, nende tegurite muutused sõltuvalt õhu liikumise kiirusest kaevanduses. See tegurite rühm määrab suuresti elektriseadmete eluea. [14]

7.3 Kaevanduste kaabelvõrgud ja neile esitatavad nõuded

Kaevandustes olevad elektrikaablid on pikkuse tõttu elektriseadmete kõige haavatavam element, seetõttu mängib ohutuse tagamisel olulist rolli kaabli vastavus selle töötingimustele. Kaabli ülesehitus määrab suures osas kaabelvõrgu ohutu töö. Maa-aluses kaeveõõntes kasutatakse elektri edastamiseks ja jaotamiseks paindkaableid.

Maa-alustesse kaeveõõntesse paigaldatud tarbijate elektrivarustus toimub vastavalt ohutuseeskirjadele mittesüttivate või kaitsekattega kaablite abil, mis ei levita põlemist. Statsionaarses paigalduses kasutatakse vasksoontega kaableid.

Puhastusplokkides saab elektrimasinate ja mehhanismide toiteks kasutada paindkaableid. Paindkaablid riputatakse lõdvalt, et täita varem soomustatud kaablite riputamiseks ette nähtud nõudeid. [13]

7.4 Kaitseseadmete relee käivitusvoolu sätete valimine ja kontrollimine

Kaitselülitite, magnetkäivitite, juhtimisjaamade jms relee käivitusvoolu sätte suurus määratakse järgmise valemi abil:

- a) magistraali kaitseks:

$$J_y \geq J_{n.käiv} + \sum J_{n.töö} \quad (7.1)$$

- b) harude kaitseks, mis toidavad rühma samaaegselt sisse lülitatavaid mootoreid lühisrootoriga:

$$J_y \geq J_{n.käiv} + \sum J_{n.käiv} \quad (7.2)$$

- c) harude kaitsmiseks, mis toidavad valgustuskoormust hõõglampidega:

$$J_y \geq 3 J_{n.töö} \quad (7.3)$$

- d) harude kaitsmiseks, mis toidavad luminofoorlampidega valgustuskoormust:

$$J_y \geq 1.25 J_{n.töö} \quad (7.4)$$

7.5 Elektrimasinad ja seadmed põlevkivikaevanduses

Elektrimasinate ja -seadmete toiteks tuleb kasutada järgmist pinget:

1. statsionaarsete elektrienergia vastuvõtjate, liikuvate alajaamade ja trafode jaoks, samuti šahtide läbindamisel - mitte üle 6000 V;
2. mobiilsete elektrienergia vastuvõtjate jaoks - mitte üle 1140 V, aga mõnel juhul on lubatud kasutada pinget 6000 V;
3. käsimasinate ja -tööriistade puhul - mitte üle 220 V;
4. KRU signalisatsiooni ja kaugjuhtimisahelate jaoks - mitte üle 60 V, kui ükski selle vooluahela juhtmetest pole maaga ühendatud;
5. statsionaarsete ja liikuvate masinate ja mehhanismide kaugjuhtimisahelate jaoks - mitte üle 42 V.

Elektriseadmete kaablisendid peavad olema kindlalt tihendatud. Kasutamata kaablisenditel peavad olema sulgurid, mis vastavad elektriseadmete plahvatuskaitse tasemele.

Kaablijuhtide ühendamiseks elektriseadmete klemmidega tuleb kasutada otsakuid, spetsiaalseid seibisid või muid samaväärseid vahendeid, mis välistavad kaablisüdamiku juhtmete olemasolu väljaspool klambrit. Mitme kaablisoone ühendamine ühe klemmiga on keelatud, kui klemmi konstruktsioon seda ette ei näe.

[11]

7.6 Maandus

7.6.1 Kaevanduse maandus

Kaevanduse maandus on ühtne võrk, millel on maandurid: peamised ja lokaalsed. Sellesse kuuluvad erinevat tüüpi elektriseadmed, torustikud ja kaablid. Selline süsteem konstrueeritakse pideva elektriühenduse loomisega kõigi kaevanduses olevate metallelementide vahel. Kõik masinad, seadmed ja muud elektritoitega seadmed on varustatud spetsiaalse ühendusega. Selline kohustuslik komponent on valmistatud vasest või pliiist ja selle ristlõikepindala varieerub vahemikus 25 (vask) kuni 50 (plii) ruutmillimeetrit. [10]

7.6.2 Peamine maandur

Peamine maandur on terasriba pikkusega vähemalt 2,5 meetrit ja paksusega umbes 5 millimeetrit. Sellise detaili kogupindalal ei tohi indikaator olla väiksem kui 0,75 ruutmeetrit. Kui kaevanduse elektrivarustus toimub aukudesse asetatud jõukaablite abil, siis saab peamise maanduri maapinnale paigaldada. Samal ajal saab toru kasutada varuelemendina, mille abil tugevdatakse kaeveõõne seinu. Maandamine plahvatusohtlikes piirkondades toimub nimelt sel viisil. [10]

7.7 Kontroll ja käit

Käitajad peavad korrapäraselt kontrollima kõiki elektrimasinaid, seadmeid, trafosid, muid elektriseadmeid, kaableid ja maandust. Masinaga (mehhanismiga) töötav inimene kontrollib enne töö alustamist masinat (mehhanismi), selle kaablit ja maandamist.

Teatud tüüpi seadmete või süsteemide käit tervikuna eeldab käidukava olemasolu, mis näeb ette aja, koha ja sisuga omavahel seotud tööde komplekti, tagades kaevandusseadmete hoidmise, transportimise, paigaldamise ja demonteerimise, säilitades nende töökindluse, kui neid kasutatakse ettenähtud otstarbel, tõhusa ja ohutu toimimise eesmärgil. Käiduprogrammi rakendatakse vastavalt valitud käidusüsteemile ja selle määravad töö tüübid ja ulatus *TOP*-i vastavalt kaevandusseadmete kõigil töötappidel.

Kaevandamisseadmete keerukate tüüpide (tõste-, kompressori- ja peamised ventilatsiooniseadmed, puhastus- ja läbindamiskompleksid) jaoks kehtestatakse plaaniline hooldus koos komponentide ja montaažiseadmete paranduste ja muudatuste tegemisega järgmise perioodilisusega:

- kvartali - vähemalt üks kord kolme kuu jooksul;
- poolaasta - vähemalt üks kord kuue kuu jooksul;
- aasta - vähemalt üks kord 12 kuu jooksul;

Seda tüüpi plaanilist hooldust peavad tavaliselt teostama spetsiaalsed montaaži- või remondiüksused. [9]

KOKKUVÕTE

Lõpuprojekti rakendamisel valiti kambriploki nr 17 elektritoitesüsteem. Seadmete toiteks valiti sobiv pinge, mis on 690 V. Valiti jõutraford nii, et nende kasutamine vastaks kõige ökonoomsematele režiimidele. Arvutati toutekaablite mahtuvus- ja aktiivtakistus. Arvutati lühisvoolud, mille järgi võib öelda, et valitud trafod ja nendega ühendatud kaablid töötavad viisil, mis minimeerib energiakaod ja hoiab ära trafode rikete võimaluse.

Kambriploki katkematuks tööks valiti kõik vajalikud ohutusmeetmed ja inimeste kaitseks elektrilöögi eest paigaldati kaitseseadised. Kaabelvõrgu pikkus valiti kaabelvõrgu maksumuse vähendamise eesmärgiga, arvestades tootmisvajadusi, võttes arvesse kaugust trafost peamiste elektritarbijateni, aga ka võimalust neid teisaldada. Kaabelvivõrgu pikkus valiti lähtudes tootmisvajadusest kaabelvivõrgu maksumuse vähendamiseks, võttes arvesse vahemaad trafost peamise kaevandusseadmeni, ja võimalust seda seadet teisaldada.

Lõputöös tuuakse esile kaevandusseadmete maandamisega seotud probleemid ja käsitletakse elektriohutuse küsimusi.

Kambriploki nr 17 toitevõrk arvutati, võttes arvesse tänapäeval kasutatavaid seadmeid.

Töös on esitatud 16 pilti, 9 tabelit ja 16 näidet.

Lõputöö viitamata joonised ja tabelid on autori tehtud.

SUMMARY

When executing the diploma project, the choice of the power supply system of the chamber block number 17 was made. A suitable voltage equal to 690 V was selected to power the equipment. Suitable transformers were selected, so that their loading corresponded to the most efficient mode. Power cables tested for capacity and resistance were selected. In the course of the computation, short-circuit calculations were made, by which we can say that the selected transformers and cables connected to them work so as to minimize the loss of electricity and prevent the possibility of transformer failure.

For the smooth operation of the chamber block, all precautions were selected and protective devices were installed to protect people from electric-shock hazard. The length of the cable network was chosen based on production needs in order to reduce the cost of the cable network, taking into account the distance from the transformer to the main mine equipment that consumes electricity, as well as the possibility of moving this equipment.

The paper highlights the issues related to the grounding of mine equipment, and considers the issues of electrical safety.

The power supply network of the chamber block number 17 was calculated taking into account the equipment used today.

The work includes 15 drawings, 9 tables and 16 examples.

The drawings and tables were made by the author himself.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

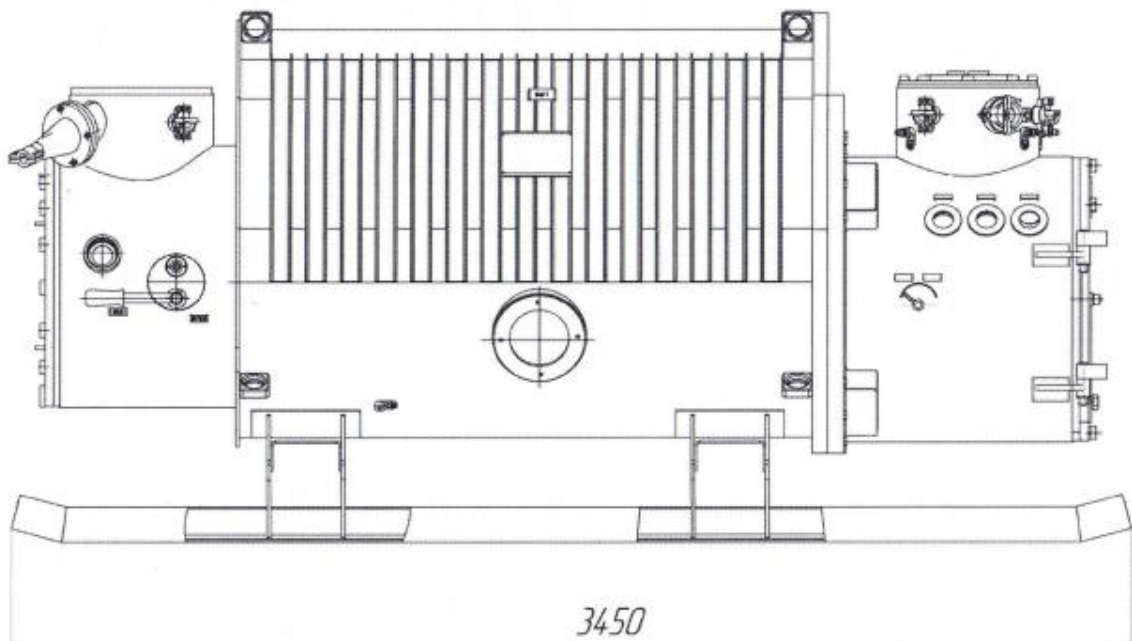
1. Подстанция комплектная трансформаторная взрывобезопасная типа КТПВ-400/6-0,69 УХЛ5, 2018, 5-24
2. Подстанция комплектная трансформаторная взрывобезопасная типа КТПВ-400/6-0,69 УХЛ5. Руководство по эксплуатации, 2017, 5-28
3. Устройство комплектное распределительное типа КРУВТ-6. Руководство по эксплуатации, 2009, 3-14
4. Электрификация блочно-комплектных установок нефтяной промышленности – выбор силовых трансформаторов 6(10)/0,4 КВ. [Online] <http://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/elektrifikaciya-blochno-komplektnyh-ustanovok-neftyanoy-promyshlennosti-15.html> (22.04.2019)
5. Силовые трансформаторы. Расчет мощности и выбор трансформаторов [Online] http://alyos.ru/enciklopediya/gornaya_tlektrotehnika/silovie_transformatori_raschet_moshnosti_i_vibor_transformatorov.html (22.04.2019)
6. Основы электроники. Выбор кабеля. [Online] <http://electrichelp.ru/vybor-kabelya/> (12.05.2019)
7. Выбор проводников по термической и динамической устойчивости к току к.з. [Online] https://www.websor.ru/vjbor_provodnikov_po_kz.html (15.05.2019)
8. Проверка кабельной сети участка по сопротивлению изоляции и ёмкости. [Online] https://studbooks.net/1965260/matematika_himiya_fizika/proverka_kabelnoy_seti_uchastka_soprotivleniyu_izolyatsii_yomkosti (18.05.2019)
9. Горно-шахтное оборудование. [Online] <http://gortehkomplekt.ru/index.php/gorno-shakhtnoe-oborudovanie> (18.05.2019)
10. Заземление в шахте: требования и особенности монтажа. [Online] <https://www.gorinkom.ru/elektrika/zazemlenie-v-shaxte-trebovaniya-i-osobennosti-montazha.html> (08.09.2019)
11. Электрические машины и аппараты в угольной шахте. [Online] http://ohrana-bgd.ru/gornd/gornd2_63.html (08.09.2019)
12. Аппарат защиты токов утечки. [Online] <https://kagv.ru/azur-1-mk> (06.10.2019)
13. Аэрология и технологическая безопасность. [Online] <http://dnop.kiev.ua/2014/08/shaxtnye-kabelnye-seti-i-trebovaniya-predyavlyaemye-k-nim/> (08.09.2019)
14. Электробезопасность горных предприятий. [Online] https://studopedia.su/20_105211_elektrobezopasnost-gornih-predpriyatij.html (08.09.2019)

LISAD

LISA 1. Trafo KTPV-400/6-0,69



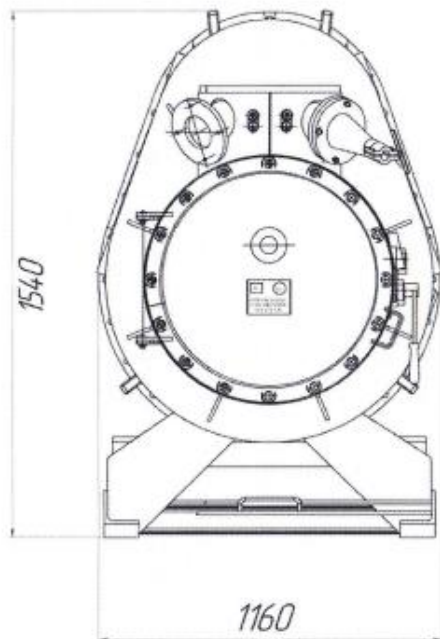
Joonis 1. KTPV-400/6-0,69 (kõngvaade)



Joonis 2. Gabariitmõõted KTPV-400/6-0,69 (kõngvaade) [2]



Joonis 3. KTPV-400/6-0,69 (otsevaade)



Joonis 4. Gabariitmõõted KTPV-400/6-0,69 (otsevaade) [2]

LISA 2. Arvutusandmed

Приведенная длина кабеля, м $L_{пр}$	Расчетные минимальные токи двухфазного короткого замыкания (А) при мощности (кВА) передвижных подстанций и трансформаторов							
	ТКШВП ТКШВ				ТСШВП, ТСШВП—КП, ТСВП, ТСВП—КП, ТСШВ, ТСВ			
	135	180	240	320	100	160	250	400
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2928	3374	6116	8371	1860	3013	4760	7656
10	2872	3303	5852	7926	1847	2958	4631	7331
20	2816	3231	5589	7471	1825	2902	4497	6984
30	2760	3159	5333	7026	1802	2845	4360	6632
40	2703	3085	5086	6602	1780	2788	4221	6285
50	2647	3012	4851	6206	1757	2730	4083	5951
60	2591	2940	4629	5839	1735	2673	3947	5634
70	2535	2868	4420	5501	1712	2615	3815	5337
80	2480	2798	4223	5191	1689	2559	3686	5059
90	2427	2729	4040	4908	1667	2503	3562	4802
100	2374	2662	3868	4650	1644	2449	3442	4564
120	2272	2533	3558	4197	1600	2343	3218	4141
140	2175	2411	3288	3816	1556	2241	3013	3780
160	2083	2297	3052	3494	1513	2146	2828	3470
180	1997	2190	2844	3218	1472	2055	2660	3203
200	1915	2091	2660	2980	1431	1970	2518	2971

Joonis 1. Arvutuslikud minimaalsed kahefaasilised lühisvoolud

Сопротивление кабелей с медными жилами

Сопротивление	Сопротивление кабелей (Ом/км) при сечении жилы, мм ²									
	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Активное бронированного и гибкого кабеля при температуре 20°C	4,600	3,070	1,840	1,150	0,740	0,520	0,423	0,260	0,194	0,153
Индуктивное бронированного кабеля напряжением до 1000 В	0,095	0,090	0,073	0,068	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,060
Индуктивное гибкого кабеля напряжением до 1000 В ^{*)}	0,101	0,095	0,092	0,090	0,088	0,084	0,081	0,079	0,078	0,076

*) Индуктивное сопротивление гибкого кабеля приведено по справочным данным. Расчетные величины сопротивления гибких кабелей современной конструкции несколько выше приведенных.

Joonis 2. Vasksoontega kaablite takistus

LISA 3. Kaevanduse seadmed



Joonis 1. Juhtimispuult



Joonis 2. Kraapkonveier



Joonis 3. Purusti



Joonis 4. Kamberbloki pult