



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Eesti elektrijaama akujaama nr 3 laadimisseadmete
asendamine**

**Replacement of the charging devices of the battery station No 3
of Estonian Power Plant**

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMISE
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jana Nikolajeva

Üliõpilaskood: 178734EDJR

Juhendaja: Jüri Utt, lektor

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 Jana Nikolajeva (sünnikuupäev: 11.06.1989)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Eesti elektrijaama akujaama nr 3 laadimisseadme asendamise, mille juhendaja on Jüri Utt,
 - 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: Jana Nikolajeva, 178734

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, energiatehnika

Juhendaja(d): lektor, Juri Utt, juri.utt@taltech.ee

Konsultant: -

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Eesti elektrijaama akujaama nr 3 laadimisseadmete asendamine

(inglise keeles) Replacement of the charging devices of the battery station No 3 of Estonian Power Plant

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Hinnata laadimisseadmete vastavust tehnilise ülesande nõuetele
2. Uute seadmete tehniliste omaduste määramine ja seadmete valik

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Akujaama ülesehituse ja tööprotsessidega tutvumine	07.03.21
1.1	Akujaamade ja laadimisseadmete tüübid, tehnilised andmed	14.03.21
1.2	Laadimisseadmete toiteskeemid	21.03.21
2.	Alalisvoolu kilbid, signalisatsiooniahelad	28.03.21
3.	Laadimisseadmete juhtimissüsteemi ülesehitus ja töörežiimid	04.04.21
4.	Laadimisseadmete hooldus	11.04.21
5.	Tööohutus laadimisseadmete ekspluatatsioonil	18.04.21
6.	Uute laadimisseadmete võrdlus ja valik	11.05.21
7.	Elektrilised arvutused	18.05.21
8.	Lõputöö lõplik variant	25.05.21

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "01" juuni 2021 a

Üliõpilane: Jana Nikolajeva

/allkiri/

"01" juuni 2021 a

Juhendaja: Jüri Utt

/allkiri/

"01" juuni 2021 a

Programmijuht: Veroonika Shirokova

/allkiri/

"01" juuni 2021 a

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. HETKEOLUKORRA KIRJELDUS	10
1.1 Akujaama ehitus ja tööpõhimõte	10
1.2 Akujaama ja laadijate tehnilised andmed.....	11
1.3 Laadijate toiteahel	13
1.4 Akujaama juhtimissüsteemi konfiguratsioon	13
1.5 Akumaaja töörežiimid	13
1.5.1 Pideva laadimise režiim	13
1.5.2 Pinge tasandamise laadimise režiim	14
1.5.3 Pinge säilitamine avariirežiimis akukommutaatori abil	14
1.6 Alalisvoolu elektrikilp	15
2 TEHNILISTE NÕUETE MÄÄRAMINE JA SEADMETE VÕRDLUS	16
2.1 Tehnilised tingimused, nõudmised	16
2.2 Seadmete võrdlemine ja valimine.....	17
3 SEADMETE ÜHENDAMINE TOITEVÕRGUGA	20
3.1 Lühisvoolu arvutus	20
3.2 Toitekaalbi ristlõike arvutus ja valik.....	20
3.3 Kaitselüliti valik.....	22
KOKKUVÕTE	24
SUMMARY.....	25
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	26
LISA 1 Normatiivid ja standardid	27

EESSÕNA

Antud lõputöö arenes Enefit Power AS vajadusest välja vahetada ressursi ammendatud laadimisseadmeid. Teema olulisus on põhjendatud Eesti elektrijaama akujaama tähtsusega elektrisüsteemi funktsioneerimisel, kuna laadimisseadmete rikke korral elektrijaama kahe ploki tarbijad võivad jääda ilma toitet, mis omakorda võib endaga kaasa tuua elektrisüsteemi toimimise katkemise.

Töö teema pakkus autorile huvi seoses Eesti Energia kontsernis toimiva erinevate struktuuride töötajate omavahelise koostööga, millesse kaasatakse erinevates teostamise etappides vajalike teenistuste ja osakondade töötajad tagamaks tööprotsessi efektiivsuse kogu projekti realiseerimisel vältel.

Lõputöö koosneb olemasoleva olukorra analüüsist, uutele seadmetele tehniliste nõuete määramisest, pakutud seadmete võrdlusest ja elektrilisest arvutusest kaitselüliti ning toitekaabli valimiseks.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

АБ akujaam, akupatarei, aku

BA3 laadimisseade, laadija

ЦПТ alalisvoolu elektrikiip

SISSEJUHATUS

Lõputöö ülesandeks on hinnata akujaama laadimisseadme vastavust tehnilise ülesande nõuetele ning teostada vajalikud arvutused toitekaabli ja kaitselüliti vahetamiseks. Selleks tuleb esialgselt tutvuda olemasolevate seadmete tööpõhimõtete ja ehitusega. Seejärel tuleb määratleda uutele seadmetele esitatavad tehnilised nõuded. Paika pandud nõuete alusel tuleb võrrelda ja valida uued seadmed ning kaitseaparatuur ja ühenduskaabeldus. Kaitseaparatuuri ja kaabelduse valik teostatakse ja kontrollitakse elektriliste arvutuste põhjal, sealhulgas uue toitekaabli minimaalne ristlõige, lühisvoolud kaitselüliti suurus ja pingekaod.

Praegu sisaldab akupatarei nr. 3 alalisvoolusüsteem:

- Akupatarei 2V 12 OPzV 1200, 1200 Ah, 130 elementi (104+13+13)
- Laadija D400 G220/160 Thyrotronic-8921 (104 elementi), 2 x D400 G24/160 Thyrotronic-8924 (13+13 elementi)
- Alalisvoolu kilp

Uus laadija ühendatakse olemasoleva akupatarei №3 juurde, elemendid 1, 104, 117 ja 130. Ühendamiseks kasutatakse võimalusel olemasolevad kaablid. Uued laadijad ühendatakse 400VAC omatarbe võrku kasutades uut kaitselüliti ja uut toitekaablit. Uus laadija ühendatakse 220VDC alalisvoolu võrku kasutades olemasolevat kaitselüliti. Ühendamiseks kasutatakse võimalusel olemasolevat kaablit.

1. HETKEOLUKORRA KIRJELDUS

Eesti elektrijaamas on 4 akut (A5), üks iga 2 energiaploki kohta. A5 on ette nähtud kaitselülituste toitmiseks, juhtimiseks ja põhiseadmete hädaseiskamise tagamiseks seadmete täieliku 6 kV ja 0,4 kV pinge kadumise korral. A5 võimsus valiti arvutusest, mis tagab 2 seadme tarbimise hädaolukorras, nimelt 800 A 0,5 tunni jooksul ja pinge säilitamise vähemalt 190 V juures. A5 koosneb tänapäevastest geelelektrolüüdiga "dryfit" pliiakudest.

A5 tüübiks on 2V OPzV 1200. A5 töötab pidevalt voolulaadimisrežiimis. Alalisvooluvõrgu tavapärasel töörežiimis tagatakse toiteallikas tarbijatele ja A5 laaditakse laadijatelt (BA3), mis aitavad ka A5 tühjenemise korral laadida.

Olemasolevad 2003. aasta laadimisseadmed on oma ressursi ammendanud. Turul puuduvad antud seadmete varuosad ja tehased neid enam ei tooda. Laadimisseadme rike jätab A5-3 ilma laadimisvõimaluseta. Olemasolevad seadmed on vaja asendada uue, kaasaegsema seadmete vastu.

1.1 Akujaama ehitus ja tööpõhimõte

Akumulaator on anum, mis on täidetud väävelhappe lahusega tihedusega 1,20 g / cm³ ja milles on positiivsed ja negatiivsed plaadid. Positiivsed plaadid koosnevad arenenud pinnaga stantsitud pliiist, mille välimine kiht on pärast moodustumist kaetud pliiidioksiidist (PbO₂) koosneva aktiivmassiga. Mida rohkem seda massi on, seda suurem on aku maht. Negatiivsed plaadid on karbikujulised; plaadi rakku surutakse pliioksiididest ja pliiipulbrist koosnev aktiivmass. Aktiivse massi rakkudest välja kukkumise vältimiseks kaetakse plaat mõlemalt poolt perforatsiooniga plii lehtedega. Pliiaku tööpõhimõte põhineb elektrodide polarisatsioonil ja vähendatakse järgmiseks: kui aku on laetud ja alalisvool läheb välisest allikast läbi plaatide vahelise elektrolüüdi, toimub elektrolüüsiprotsess mida lahuse elektrolüüsisaadused, st vesiniku ja väävelhappe jäägi SO₄ ioonid astuvad plaatidega keemilisse suhtlusesse, mille tagajärjel oksüdeerub pluss positiivsel elektroodil ja kätse plii negatiivsel. Pärast aku laadimist saadakse umbes kahe volti potentsiaalivahega rakk, kus plussiks on moodustunud pliiiperoksiid (PbO₂) ja miinus on kätse plii. Kui aku on sunnitud tühjendama välise vooluahela, toimub selles vastupidine keemiline protsess. Keemiline energia muundatakse elektrienergiaks. Pärast seda, kui positiivsel elektroodil olev PbO₂ peroksiid redutseeritakse pliioksiidiks PbO juhtimise ajal ja negatiivse elektroodi kätse plii oksüdeeritakse PbO oksiidiks, kaob potentsiaalide erinevus ja akut tuleb uuesti laadida. Lisaks plaatide oksüdeerivale ja deoksideerivale toimele muudavad laadimis-

ja tühjendusvoolud ka happe tihedust: laadimise ajal toimub vee elektrolüüs ja tekivad väävelhappemolekulid (tihedus suureneb) ning tühjendamise ajal vesi tekivad molekulid (tihedus väheneb).

Pikaajalisel kokkupuutel laadimisvooluga "keeb" vedela elektrolüüdiga aku; toimub vesiniku ja hapniku aktiivne vabanemine, mis ilmnevad nii väävelhappe lahuse lagunemise kui ka vee elektrolüüsi tulemusena. Sel põhjusel, kuna vesiniku ja hapniku segu on plahvatusohtlik, tuleb akut laadida töötava ventilatsiooniga. Geelelektrolüüdiga patareides ei eraldu gaase akust väljapoole, gaasid rekombineeruvad geelelektrolüüdis.

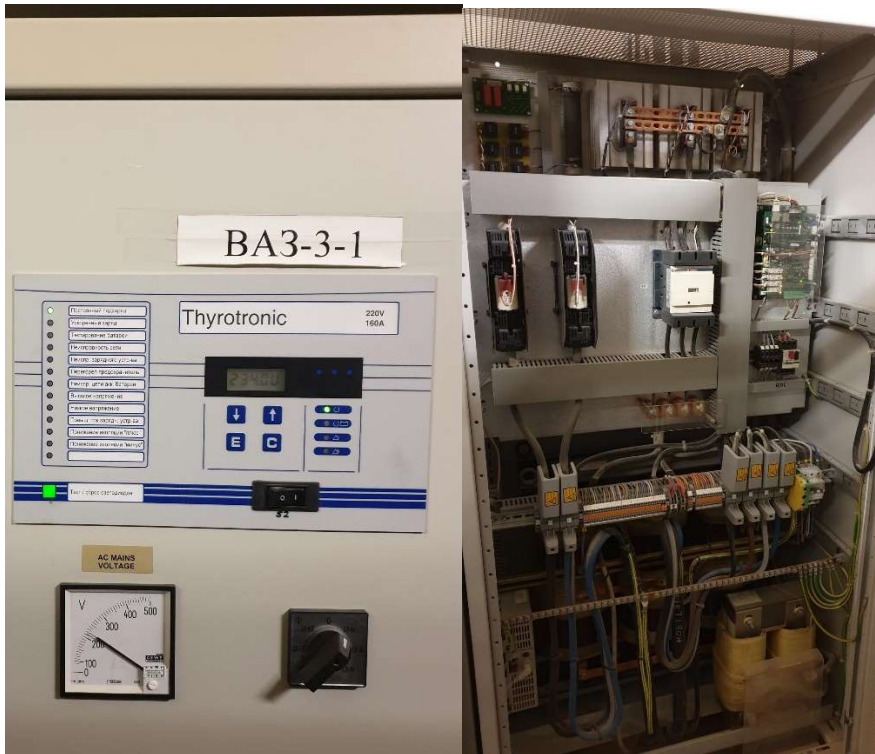
1.2 Akujaama ja laadijate tehnilised andmed

Akujaama tüüpi 2V 12 OPzV 1200, 1200 A / tunnis akud. Seda tüüpi laetavate akude laadimispinge ei ületa 2,25 V elemendi kohta $\pm 1\%$. Aku sisaldab 130 elementi ja on jagatud kolmeks osaks (elemendid 1 kuni 104, elemendid 105 kuni 117 ja 118 kuni 130). Igal osal on oma laadimiseseade (BA3). Akujaama nominaalne töötemperatuur + 20°C ja 10-tunnine tühjendusvool võrdub 120 A. Laadimisvoolud määratakse valitud akujaama laadimismeetodi järgi vastavalt tehase juhisteile.

Tabel 1.1 Laadijate tehnilised andmed

	Laadijad BA3-3-1 tüüp D400 G220 / 160	Laadijad BA3-3-2, BA3-3-3 tüüp 2 x D 400 G26 / 160
kolmefaasiline võrk	380 V, 50 Hz	380 V, 50 Hz
sisendvool	81 A	11 A
väljundpinge	U = 220 V DC	U = 26 V DC
väljundvool	160 A DC	160 A DC
pidev väljund laadimispinge	U = 234 V DC (1 kuni 104 elemendi)	U = 29 V DC, AB kahe täiendava rühma (2 x 13 elemendi) jaoks.
AБ-rõngasignaali pingetasemed	- (1-104 elemendist) - madal väljundpinge 210 V DC - kõrge väljundpinge 242 V DC	

Laadija BA3-3-1 on paigaldatud ühte elektrikappi. See on kolmefaasiline alaldi Thyrotronic-8921, 234 V, 160 A (türistorsild), mida juhib Thysati regulaator. Regulaator on programmeeritav mikroprotsessor. Elektrikapi esiküljel olev ekraan ja juhtpaneel võimaldavad teil jälgida süsteemi tööolekut ja muuta tarkvara sätteid (vt joonis 1.1)



Joonis 1.1 BA3 3-3-1 esipaneel ja elektrikapi sisevaade

BA3-3-2 ja BA3-3-3 paigaldamine koosneb kahest eraldi identsest alaldist Thyrotronic-8924, 2 x 24 V, 160 A, monteeritud üks elektrikapp (vt joonis 1.2)



Joonis 1.2 BA3 3-3-2 ja BA3 3-3-3 esipaneel ja elektrikapi sisevaade

Ekraani ja juhtpaneeli toitelüliti (S2 / S12 / 22) kasutatakse laadija (BA3) sisse- ja väljalülitamiseks. Seadmel on kahepooluseline väljund koos koorma kaitsmetega (F11, F12; F111, F112; F211, F212). Kaitsmete olekut jälgib Thysati regulaator häireliini kaudu ja põlenud kaitsmete näidikud. Thysati regulaator annab häireid kiireloomuliste ja kiireloomuliste olukordade, võrgutõrke, alaldi rikke, kõrge ja madala alalisvoolu pinget ning negatiivse aku ahela testi jaoks. Thysati juhtnupp näitab ka, millises laadimisrežiimis (tavaline või võimendatud) alaldi töötab. Võrgu pinget jälgitakse voltmeeter P1 / P11 / P21 ja lüliti S1 / S11 / S21 abil. Lüliti S1 / S11 / S21 kasutatakse faasi valimiseks, mille pinget näitab voltmeeter P1 / P11 / P21.

1.3 Laadijate toiteahel

Laadijad toitakse 0,4 kV sektsioonist. Laadija väljundpinge $U = 220 \text{ V DC}$ ja 24 V DC juhitakse lülitusseadme siinidele sulavkaitsmete ($I_n = 200 \text{ A}$) kaudu koos kaitsmeühenduse põlemise näitajatega. Põhirühma (1 ÷ 104 elemendiga) väljundid ja kaks täiendavat 13-elementilist rühma AB-3 on kaitstud AVLK tüüpi neljapooluselise automaatse lülitiga ($I_n = 800 \text{ A}$), mis on varustatud lühisevabastusega. AB-3 lülitusseadme siinidest läbi EF03 tüüpi AVLK kaitselüliti ($I_n = 800 \text{ A}$) juhitakse kaitselüliti SHPT-3 pannile pinget $U = 220 \text{ V DC}$. neli. Automaatmasinad EF03 ja EF04, tüüp AVLK, $I_n = 630 \text{ A}$ koos väljalülitusüksusega. Automaatlüliti F02 - kontaktorite K1 ÷ K4 juhtimisahelate toiteallikas; Automaatlüliti F03 - pinget juhtimise releed ahelate ja muunduri toiteallikas.

1.4 Akujaama juhtimissüsteemi konfiguratsioon

Iga akujaam koosneb kolmest järjestikku ühendatud rühmast. Töörühm (104 elemente) ja kaks täiendavat rühma (igaüks 13 elemente). Tavarežiimis on peamine (töö) rühm (104 elemente) ühendatud alalisvoolu plaadiga. Täiendavad rühmad ühendatakse automaatselt kahes etapis (2×13 elemente), kui pinget langeb määratud seadistusele: $U = 210 \text{ V}$, Täiendavaid rühmi ühendavad lülitusseadme kontaktorid. AB-3 on ühendatud kõigi kolme patareide rühmaga eraldi BA3, mille $I_{nom} = 160 \text{ A}$. Kõik automaatjuhtimis- ja seireseadmed asuvad jaotuskapis.

1.5 Akumaaja töörežiimid

1.5.1 Pideva laadimise režiim

Tavaliselt töötavad akud tühjenemisrežiimis. Selles režiimis tagavad BA3-id tarbijate koormuse kandmise ja aku kõigi osade laadimise. AБ-3 puhul on 104 elemendi nominaalne laadimispinge 234 V, 13 elementidega rühma puhul on laadimispinge 29 V.

Neid pingeväärtusi hoitakse automaatselt ka siis, kui alalispinge koormus muutub kuni BA3-de nimivoolu väärtuseni. See on 160 A AБ-3 jaoks.

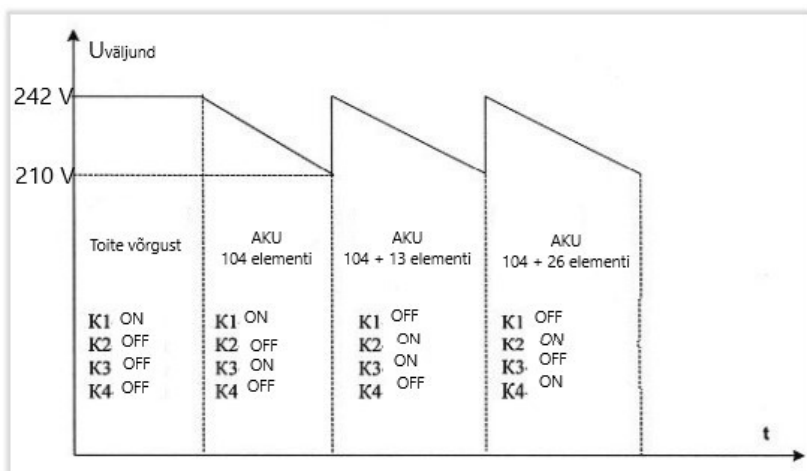
1.5.2 Pinge tasandamise laadimise režiim

Aku töö käigus ilmneb vastuolu elektrolüüdi tiheduse ja galvaanielementide pinge parameetrite vahel. Selle kompenseerimiseks rakendatakse hoolduslaadimine. See on laadimisrežiim, mille pinge on 2,4 V kestusega 5 tunni ühele akule. Selle režiimi vajaduse määrab AБ ekspluatatsiooni eest vastutav isik.

1.5.3 Pinge säilitamine avariirežiimis akukommutaatori abil

Akukommutaator on akupõhine toiteallikas, mis võimaldab kontrollida aku pinget ja võimaldab väljundpinget suurendada, lisades põhirühmale (1 ÷ 104 elementi) kaks täiendavat rühma (2 x 13 elementi).

Lüliti AБ-3 koosneb kontaktoritest (K1.1, K1.2, K2.1, K2.2, D1, D2), mis on mõeldud töötama väljundvooluga kuni 800 A. kui AБ väljundpinge (koormusel) langeb pinge jälgimise relee (tüüp GUW101) väärtusele 210 V. Kui see juhtub, aktiveerib pingerelee lülitusautomaatika (kontaktorid K1.1 ja K1.2), mis lisab esimese põhirühma (13 elementi) AБ põhirühma (1 ÷ 104 elementi). See tõstab väljundpinget mõneks ajaks, kuni pinge langeb taas 210 V tasemele, lülitab pingerelee sisse lülitusautomaatika (kontaktorid K2.1 ja K2.2), mis lisab teise 13 lisarühma elemendid.



Joonis 1.3 Väljundpinge säilitamine avariiolukorras

Alalisvoolu kontaktorid (K1.1, K1.2) ja (K2.1, K2.2) on kaks kontaktorit, mida juhivad pinge jälgimise releed. Need on ühendatud nii, et neid ei saa korraga sisse lülitada. Diodid D1 ja D2 on ette nähtud väljundvoolu juhtimiseks ajal, mil esimene kontaktor on lahti ühendatud ja teine kontaktor on aktiveeritud.

Seega, kui üks kahest kontaktorist ebaõnnestub, on ikkagi võimalik väljundvoolu koormusele tarnida.

Kui laadija toiteallikas on taastatud, suureneb pinge ja jõuab väärtuseni $210 + 1V$, lülitusautomaatika eemaldab koormusahelast teise 13 elemendist koosneva täiendava rühma (kontaktor K2 avaneb). Peamise rühma (1 ÷ 104 elemendi) pinge edasise suurenemisega jõuab AB väärtuseni $210 + 1V$, jaotuskilbi automaatika tagastab aku 104 elemendi algsesse vooluahelasse (kontaktor K1 avaneb).

1.6 Alalisvoolu elektrikiip

Alalisvoolu tarbijate jaotusseade on ЩПТ-3. Alalisvoolu siinid koosnevad (+) siinidest (punased) ja (-) siinidest (sinised). ЩПТ-3 siinid on jaotatud paneelidel 5П ja 7П olevate kaitselülitite abil kolmeks osaks. Tarbijad ja sisend АБ-st on ühendatud esimese jaotisega.

Teise sektsiooniga on ühendatud АБ fiider. Teine osa toidab turbiini määrimiseks mõeldud avariioõlipumpasid ja võlli tihendeid. See võimaldab neid sisse lülitada vastastikuse koondamise joonel, lühise või muude rikke korral ЩПТ esimeses ja kolmandas sektsioonis. Tarbijad on ühendatud kolmanda jaotisega.

Turbiiniõlipumpad, РУСН-i sektsioonide siinide toiteallikas ± ЩП ja generaatori ВМ-id toidetakse otse ЩПТ-i toiteallikatelt. Lisaks on igal ЩПТ-I 2 siinisüsteemi ± ШУ. Nendele siinidele antakse toiteallikat alalisvoolu pinge 1 ja 2 sektsioonist paneeli nr 5 külgsainale paigaldatud kaitselülitite kaudu.

Alalisvoolu plaatide kaitse nõuetekohase toimimise tagamiseks maksimaalse voolutugevusega alalisvoolu siinidel (võttes arvesse toiteallikat töövooluga).

Aga sellest ajast praegu on АБ kaitstud lühiste eest kaitselülitite või kaitsmete abil kohe pärast akut, siis pole see soovitus kohustuslik ja vastastikuse koondamise jaoks on võimalik ЩПТ kombineerimine mis tahes kombinatsiooniga.

АБ kontroll-treenimise laadimise võimaldamiseks laadimismootor-generaatorisse (ЗМГ) on ЗМГ-st kaabliühendused kõigi ЩПТ-idega. Praegu on see vooluahel alalisvoolu toiteallikast lahti ühendatud, eemaldades siinilülitid, mida saab spetsiaalse programmi järgi ühendada, kui aku on vaja tühjendada [1]

2 TEHNILISTE NÕUETE MÄÄRAMINE JA SEADMETE VÕRDLUS

2.1 Tehnilised tingimused, nõudmised

Laadimisseade peab olema moodultüüpi, mille on n-1 tüüpi reservvõimalus, mis tähendab, et moodulid peavad olema ühendatud paralleelselt sel viisil, et ühe mooduli rikke või väljalülitamise juhul koormus jagatakse kohe töösse jäänud moodulitele nominaal võimsuse säilitamisega igal kolmest laadijatel (220VDC, 160A, 2 x 24 VDC, 160A). Samuti peab olema võimalus moodulite asendamiseks ilma laadimisseadet töökoormusest välja viimata ehk "kuum" asendamine. Laadijate 400VAC võrguga ühendamiseks kasutatakse olemasoleva laadimisseadme toitepunkt. Juhul, kui olemasolev automaatlüliti ei vasta tarnitava laadimisseadme tingimustele, siis teostatakse lüliti vahetus. Signalisatsiooniahelatega ühendamiseks kasutatakse olemasolev klemmirida alalisvoolu kilbi nr 3 signalisatsioonipaneelis.

Tehnilised nõuded on järgmised:

- kõik ühes kanalis kasutatavad moodulid peavad omama juhtimist mooduli ühiselt juhtimispaneelilt/jälgimispaneelilt või eraldi paigaldatud juhtimispaneelilt/jälgimispaneelilt, mis asub laadimisseadme esipaneelil.
- juhtimise ja hooldamise lihtsustamiseks peab juhtimispaneel/jälgimispaneel asuma põrandapinnast 140 cm - 180 cm kõrgusel.
- laadimisseadmete väljundparameetrid ei tohi olla väiksemad, kui olemasolevatel.
- juhtimispaneel/jälgimispaneel peab olema mitme keelne (inglise keel - kohustuslik, vene keel - soovituslik, eesti keel - soovituslik).
- laadimisseadmed peavad tagama vähemalt:
 - ühendatava akujaama kontrollimist;
 - väljundi pinget ja voolu kuvamise kuvaril;
 - aku kõigi kolme sektsiooni laengu pinget ja voolu kuvamise kuvaril;
 - töörežiimide näitamise;
 - rikketeadete identifitseerimise ja kuvamise juhtimispaneelil/jälgimispaneelil;
 - rikete ühendsignaali väljundi NO/NC kuiva releekontakti kujul. [2]

Tehnilised nõuded toitekaablitele:

- Toitekaablitel peab olema tahke dielektrilise isolatsiooniga PVC või muu samaväärsega.
- 10 mm² ja suuremad juhid peavad olema kiulised. Kuni 6 mm² suurused juhid võivad olla ühekiulised(solid).
- Madalpingekaablitel peab olema neli või viis juhet, et vastata TN-S süsteemi

tingimustele.

- Juhtmete isoleermaterjal peab olema halogeenivaba , mis on tulekindel, madala suitsutihedusega ja madala söövitava põlemisprodukti sisaldusega vastavalt EVS-EN 61034-2:2005 ja EVS-EN 60754-2:2014.

Elektriseadmed, -instrumendid ja –paigaldised peavad olema projekteeritud ja ehitatud vastavalt IEC (Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon) normidele või ISO, Eesti elektriohutusseadusele ja Eesti standarditele (EEI)

Kõik vahelduvvooluvõrgu otsese või kaudse toitega elektriseadmed peavad taluma lühiajalist pingekõikumist ja töötama rahuldavalt nii pingekõikumise ajal kui pärast seda. Praktikas tähendab see pingekõikumine:

- pinge vähenemist kuni 90% kestvalt;
- pinge suurenemist kuni 110% kestvalt;
- pinge vähenemist kuni 85% kuni 1 tund või kuni avarii likvideerimiseni;
- pinge vähenemist kuni 70% kuni 15 sekundiks;
- täielikku pingekadu kestusega kuni 1,5 sekundit 0,4 kV poolel ja pinge automaatset taaslülitumist;
- sageduse vähenemist kuni 47,00 Hz-ni kestvalt; sageduse suurenemist kuni 54,00 Hz-ni kestvalt.

2.2 Seadmete võrdlemine ja valimine

Laadimisseadmete valiku olulisemaks parameetriteks on määratud väljund pinge ja voolutugevus.

Tabelis 2.1 on välja toodud kolme laadimisseadmete andmete võrdlus.

Tabel 2.1 Laadimisseadmete valik

Tootja	Alpha Technologies	Efore	Begging
Mudel	Cordex CXRF	OPUS MHE 220-2000	TEBECHOP 3000 SE
Toitepinge	176-320 VAC	100VAC-250VAC	100-227VAC
Segadus	45-70 Hz	45-66 Hz	16.7-60 Hz
Väljundpinge	21-29VDC 180-320VDC	178-280VDC	19VDC-33.6VDC 170VDC-297VDC
Väljundvool	115A@27VDC 20A@220VDC	9.3A@216VDC	75A@24VDC 14A@216VDC
Võimsus	3.1kW 4.4 kW	2kW	1.8kW 3kW
Cos Φ	0.99	0.99	0.99

Kõigil pakutavatel laadimisseadmetel parameetrid vastavad nõuetele. Laadimisseadmetel on piisav väljundpinge ja võimsus. Seega kõik võrreldavad laadimisseadmed sobiksid olemasolevate laadijate asendamiseks. Valituks osutus laadimisseadmed tootjalt Alpha Technologies Cordex CXRF eelkõige madalama hinna tõttu võrreldes teiste seadmetega. Cordexi alaldid toovad alalisvoolu elektritööstusse arenenud tehnoloogia. Uuenduslik inseneritöö ühendab tõhususe ja töökindluse parimaid tulemusi, mis vastavad mitmesuguste süsteemirakenduste võimsusnõuetele. See alaldi on spetsiaalselt ette nähtud igat tüüpi statsionaarsete akude laadimiseks suurte tarbe-, naftakeemia- ja tööstuslikuks otstarbeks.

Ventilaatoriga jahutatud Cordex 4,4 kW võimsusega alaldil on äärmiselt suur tihedus, mis pakub kõige rohkem energiat kõige vähem ruumi. Kompaktne 4RU riul mahutab kuus alaldit 23-tollise riuli ja viis alaldi 19-tollise riuli kohta.[3], [4]



Joonis 2.1 Cordex CXRF 4.4 kW ja 3.1 kW moodulite esipaneel

Cordex CXC HP süsteemikontroller pakub kõigi Alpha Cordexi toodete suure jõudluse juhtimise ja jälgimise võimalust. CXC HP toob tõestatud Cordex CXC kontrollerite perekonda värskendatud ilme, suurema hobujõu ja täiustatud seadistatavuse. Kohalik ja kaughäälestus, reguleerimine ja juhtimine on Cordex CXC süsteemikontrolleriga lihtne, üheaastmeline protsess. TCP / IP-tehnoloogia abil on Windowsi Internet Exploreri brauseri kaudu võimalik elektriseadmeid täielikult konfigurereida ja jälgida. CXC HP sisaldab mitut sideporti, sealhulgas kahte Etherneti ühendust, et võimaldada samaaegset juurdepääsu kohalikule käsitööle ning püsivat LAN / WAN-ühendust. Kaks USB-porti pakuvad täiustatud failihalduse võimalusi, sealhulgas püsivara täiendusi ja süsteemi konfiguratsiooni haldamist.



Joonis 2.2 Cordex kontrolleri esipaneel

USB-võtit võib kasutada ka saidi konfiguratsiooniseadete ja andmelogide kiireks varundamiseks ja taastamiseks. CXC HP veebipõhine kasutajaliides pakub üksikasjalikku varude haldamist, mis võimaldab integreerida täiustatud energiasüsteeme, mis sisaldavad mitut toiteelementi. Erinevate energiatootmis- ja salvestuselementidega süsteeme saab hõlpsasti konfigurereida ja jälgida. Kasutajad võivad oma energiasüsteemi kõigi aspektide tõhusaks haldamiseks luua ka kohandatud loendi, nagu shundid, LVD-d, akusüsteemid ja koormused. Cordex CXC HP tagab pingutuseta töö ja juhtimise, et rahuldada kõige nõudlikumaid ja arenenumaid energiasüsteemi rakendusi.[6]

3 SEADMETE ÜHENDAMINE TOITEVÕRGUGA

0,4 kV MV tarbijate toiteallikat tagavad 1000 kVA töötavad trafod vastavatest 0,4 kV sektsioonidest ja varundatakse teise seadme sektsioonidest. 0,4 kV sektsioonid toidetakse läbi vastavate 6 kV sektsioonidega ühendatud töö- ja reserv-MV trafod. Iga 6 kV ja 0,4 kV sektsioon varustab konkreetse katla korpuse mehhanisme, samuti turbiinimehhanisme ja üldjaama mehhanisme. Kõik sektsioonid on varustatud automaatse varutoiteallikaga (ATS). 0,4 kV sektsioonidel on nende toiteallikaks nii töö- kui ka varutoiteallikad. Jaama peaahtel ja MV toiteallikad tehakse plokkide jaotamise põhimõtte järgi.

Selle lõputöö osana on lisaks laadijate asendamisele ülesanne vahetada ka 5HA 0,4 kV sektsiooni kaitselüliti ja toitekaabli kaitselülitist laadijateni [1].

3.1 Lühisvoolu arvutus

Elektrivõrgu kaablite ning kaitseseadmete määramiseks on vajalik teada lühisvoolu. Esialgsed väärtused ja ettevõtte esitatud andmed on kokku võetud allolevas tabelis 3.1

Tabel 3.1 Sektsiooni 0.4 kV toite

Jrk nr	Väärtus	Tähis	Tulemus
1	trafot toitva võrgu aktiivtakistus lühisel taandatuna 6,3 kV pingele	$R_{k\ 0.6}$	0,306 Ω
2	trafot toitva võrgu aktiivtakistus lühisel taandatuna 0,4 kV pingele	$R_{k\ 0.4}$	0,00123 Ω
3	Trafo 56 TP nimivõimsus 56TP	S_{tr}	1 MVA
4	trafo lühispinge, %	U_{tr}	7,7
5	trafo aktiivtakistus	R_{tr}	0,0124 Ω
6	süsteemi induktiivtakistus	X_{k_3}	0,0136 Ω

Tabelis esitatud andmete põhjal arvutame valemiga suurim kolmefaasiline lühisvool taandatuna 0,4 kV pingele:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_2}{\sqrt{3} * X_{k_3}} * 10^3 \quad (3.1)$$

$$I_k^{(3)} = \frac{0,4 * 10^3}{1,73 * 0,0136} = 17000 \text{ A} = 17 \text{ kA}$$

3.2 Toitekaabli ristlõike arvutus ja valik

Toitekaabli ristlõike minimaalne suurus leitakse valemiga 3.2: [6]

$$s = \frac{I_k^{(3)} \cdot \sqrt{t}}{c}, \quad (3.2)$$

kus s – minimaalne toitekaabli ristlõige, mm^2

c – kaabli termiline lühisvoolutaluvus, vaskjuhtmetega kaablite korral 141 A c^2/mm^2

\sqrt{t} – väljalülitamise aeg, 400V pingel 0,2 sek

Vastavalt valemile 3.2 on arvutatud toitekaabli ristlõige:

$$s = \frac{17000 \cdot \sqrt{0.2}}{141} = 53,91 \text{ mm}^2$$

Asendatava toitekaabli ristlõige on 53,91 mm^2 . Toitekaabliks on valitud vaskjuhtmetega halogeenivaba 1 kV jõukaabel MCMK 3x50/25. Antud kaabel on sobilik paigalduseks nii sise- kui ka välitingimustesse [8].

Tabel 3.2 Toitekaabli karakteristikud

Tüüp	Juhi ristlõige, mm^2	Voolujuhi materjal	Juhi isolatsioon	R_l – juhi eritakistus, $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$	l – toitekaabli pikkus	Koormu svool õhus, A
MCMK 0,6/1 kV	3x50/25	vask	Polüvinüül kloriid (PVC)	0,387 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$	0,004 km	162

Pinge kadu on juhtmete ja kaablite üheks valikukriteeriumiks. Selleks et vähendada pingekadusid saab valida suurema ristlõikega kaabel. Vastavalt standardile EVS-HD 60364-5-52:2011 pingelaeng võib muuta vahemikus ± 4 % toitepingest.

Pingekaod arvutatakse valemiga 2.9:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l}{U} * (R_l \cdot \cos \varphi) \cdot 100 \quad (3.3)$$

kus

R_l – juhi eritakistus, 0,387 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ [8]

l – toitekaabli pikkus, $l = 40 \text{ m}$

I – mööduv vool, 39 A

$\cos \varphi$ – 1

U – toitepinge, V

Vastavalt valemile 3.3 on saadud kabliini pingekaod:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 39 \cdot 0.04}{400} * 0.387 \cdot 100 = 0,26 < 4\%$$

Vastavalt saadud tulemustele teostatud valemi 2.9 alusel pingekadu on vähem kui 4%, mis omakorda vastava standardi nõuetele.

3.3 Kaitselüliti valik

Toiteahelate liinide kaitsmiseks võimalike liigkoormus ja lühisvoolude toime eest kasutatakse kaitselülitid. Selleks tuleb rahuldada standardi EVS-HD 60364-4-43 tingimused. [9].

B-karakteristikuga kaitselüliti on enamasti ette nähtud paigaldamiseks hoonesiseste elektripaigaldiste kaitseks [10]. Seadmete kaitseks on väljaalitud B karakteristikuga 63A ABB Tmax XT1B 160 TMD 63-630 3p F F [11]. Kaitselüliti Tmax XT saab kasutada keskkonnatingimustes, kus on ümbritseva õhu temperatuur varieerub vahemikus -25°C kuni $+70^{\circ}\text{C}$, Kaitselülitid on loodud töötama keskkondades, mille reostusaste on vastavalt standardile IEC 60947-2 Standard 3. Mehaaniliselt ja elektromagnetiliste mõjude mõjul tekkiv vibratsioon ei mõjuta Tmax XT kaitselüliteid vastavalt IEC 60068-2-6 standarditele.



Joonis 3.1 63A ABB Tmax XT1B 160 TMD 63-630 3p F F kaitselüliti

Vastavalt standardile EVS-EN 60947-2:2017 peavad kaitseseadme valimisel olema lisaks täidetud järgmised nõuded:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad [3.4]$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad [3.5]$$

I_B – projekteeritud koormusvool;

I_z – juhi kestvalt lubatav vool;

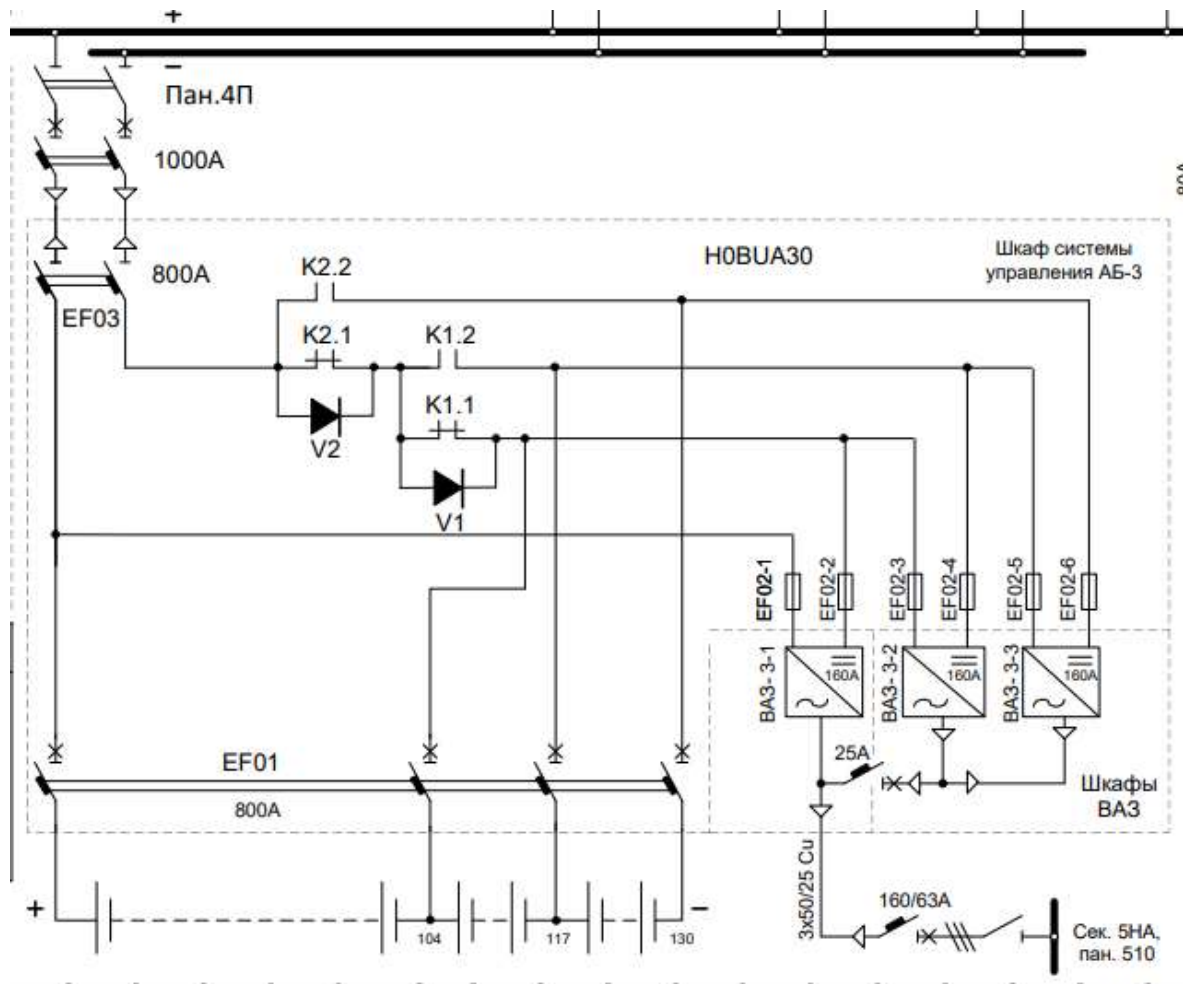
I_n – kaitseseadme nimivool;

I_2 – vool, mis tagab kaitseseadme tõhusa rakendumise etteantud aja jooksul.

Kaitseüliti rakendumise vool, mille puhul peab kaitselüliti rakenduma ühe tunni jooksul, peab vastama tingimusele: [3.5]

$$160 A \leq 1,45 \cdot 162A (234,9 A)$$

Vastavalt võrratusele kaitselüliti sobib kasutamiseks. Joonisel 3.4. on näidatud 5HA 0,4 kV sektsiooni kaitselüliti ja toitekaabli kaitselülitist laadijateni asendamine.



Joonis 3.4 BA3 3-1, 3-2, 3-2 elektriühenduse skeem

KOKKUVÕTE

Lõputöö raames on käsitletud Eesti elektrijaama akujaama nr 3 laadimisseadmete asendamist. Laadimisseadmete peamiseks ülesandeks on akujaama toite tagamine, mis peab omakorda rahuldama kahe energiabloki elektritarbijate vajadused ja tagama reservtoite 6/0,4 kV pingega voolu katkemise korral. Laadimisseadmete tähtsuse seisukohast on oluline õigeaegselt välja vahetada vananenud moodulid.

Lõputöö esimeses peatükis kirjeldatakse seni kasutuses olevaid seadmeid, tuuakse välja süsteemi üldehitus, tööparameetrid ja tööprotsesside kirjeldus.

Teises peatükis on määratletud uutele seadmetele esitatavad nõuded ja analüüsitud peamisi seadmete parameetrid, millest lähtutakse uute seadmete valikul. Seadmete vastavuse kontrolli tulemusel selgus, et kõik kolm pakutud laadimisseadet on kooskõlas tehnilise ülesande nõuetega. Uute seadmete valik on tehtud madalama hinna järgi.

Viimases etapis teostatud arvutused, mis hõlmasid toitekaabli ristlõike ja kaitselüliti valikut laadimisseadmete toiteliini tarbeks.

Lõputöö „Eesti elektrijaama akujaama nr 3 laadimisseadmete asendamine“ puhul õnnestus eesmärgi täitmiseks koostada tehnilised nõuded uutele seadmetele, teostada pakutud seadmete valik ning kontrollarvutused toiteliini asendamiseks. Uued laadimisseadmed on kooskõlas tehnilise ülesande ja kõikide kehtivate standarditega. Teostatud analüüsi ja arvutuse alusel on võimalik edukalt laadimisseadmete asendamistööd läbi viia.

SUMMARY

As part of the graduation thesis, the replacement of the charging devices of the battery station No. 3 of Estonian Power Plant was considered. The main task of charging devices is to provide power to the battery station, which, in its turn, must satisfy a demand of energy consumers of two power units and provide backup power in case of voltage loss at the 6 / 0.4 kV assembly. Due to importance of the charging devices, it is important to replace obsolete modules in a timely manner.

The first chapter of the graduation thesis describes the equipment which is currently in use, the system design, operating parameters and the processes occurring in operation of electrical equipment.

The second chapter defines the requirements for the new equipment and analyzes the main parameters of the equipment that determine the choice of the new equipment. The equipment compliance check showed that all three proposed charging devices meet the requirements of the technical specification. The choice of the new equipment is based on a lower cost.

The calculations performed at the last stage included power cable cross-sections and the choice of a circuit breaker for the supply line of the charging equipment.

It turned out to reach the set goals in the graduation thesis "Replacement of the charging devices of the battery station No. 3 of the Estonian Power Plant". Technical requirements for the new equipment were set up, the new equipment was selected, and control calculations were performed to replace the power supply line and circuit breaker. The new charging devices comply with the terms of reference and all applicable standards. Based on the analysis and calculation carried out, it is possible to successfully perform installation works to replace the charging devices.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Enefit Power AS „Enefit Power AS sisematerjal“
2. Riigihanke 236533 alusdokument „Tehniline ülesanne“
3. Alpha Technologies Services, Inc. 220VDC Cordex 4.4.kW spetsifikatsioon [WWW] [ESA Cordex4.4kW Rec.pdf \(alpha.ca\)](#)
4. Alpha Technologies Services, Inc. 24VDC Cordex 3.1 kW spetsifikatsioon [WWW] [ESA Cordex3.1kW Rec.pdf \(alpha.ca\)](#)
5. Alpha Technologies Services, Inc. Cordex CXC HP system controller spetsifikatsioon [WWW] [Cordex CXC HP \(alpha.com\)](#)
6. [WWW] [Минимальное сечение по термической стойкости \(englishpromo.ru\)](#)
7. Lepa, J., Jürjenson, K., Peets, T.. Elektrimaterjalid. Tartu: E MÜ, 1996. 56 lk.
8. AS Draka Keila Kaablite spetsifikatsioon. [WWW] [http://media.drakakeila.ee/2016/01/Draka Catalogue EN.pdf](http://media.drakakeila.ee/2016/01/Draka_Catalogue_EN.pdf)
9. Eesti Standardikeskus. 2016. EVS- 60364-4-443:2016. Madalpingelised elektripaigaldised. 23 lk
10. Teemets, R. Kaitselülitid. –Tallinn: TTÜ Elektriajamite ja jõuelektroonika instituut, 1994. – 92 lk.
11. Kaitselüliti. [WWW] <https://new.abb.com/products/1SDA066805R1/xt1b-160-tmd-63-630-3p-f-f>
12. Lahtmets, R. Kaitseparaadid. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektroonika instituut, 2006. 84 lk

LISA 1 Normatiivid ja standardid

Jrk nr	Märgistus	Nimetus
1	EhS	Ehitusseadustik
2	SeOS	Seadme ohutuse seadus
3	Majandus- ja taristuministri 26.06.2015 määrus nr. 74	"Elektripaigaldise käidule ja elektritöödele esitatavad nõuded"
4	EVS-HD 60364	"Ehitise elektripaigaldised"; "Madalpingelised elektripaigaldised"
5	EVS-EN 60529:2001	"Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP-kood)"
6	EVS-EN 60439	"Madalpingelised aparaadikoosted"
7	EVS-EN 60909	"Short-circuit currents in three phase a.c systems"
8	EVS-EN 50174-2:2018	"Information technology – Cabling installation – Part 2: Installation"
9	EVS-EN 50525	"Kaablid ja juhtmed. Madalpingelised tugevvoolujuhtmed Unkuni 450/750 V (U0/U)"
10	EVS-EN 61439-3:2012	"Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: Jaotuskihid, mida tohivad käsitada tavaisikud"