



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA PARABOOLANTENNI  
ELEKTRIVARUSTUSE PROJEKTDOKUMENTATSIOON**

**ELECTRICAL INSTALLATION DOCUMENTATION OF TALTECH STUDENT  
SATELLITE GROUND STATION PARABOLIC ANTENNA**

**MAGISTRITÖÖ**

Üliõpilane: Dmitri Kurasjov

Üliõpilaskood: 182987

Juhendajad: Toomas Vaimann, vanemteadur  
Anton Rassõlkin, professor

Tallinn 2020

(Tiitellehe pöördel)

## 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.

“.....” ..... 201.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Dmitri Kurasjov (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 13.10.1983. )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose TalTech tudengisatelliidi maajaama parabolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon,

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Toomas Vaimann ja Anton Rassõlkin,

*(juhendaja nimi)*

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.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

Allkirjastatud digitaalselt (*allkiri*)

18.12.2020 (*kuupäev*)

# LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

*Autor:* Dmitri Kurasjov

*Lõputöö liik:* Magistritöö

*Töö pealkiri:* TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon

*Kuupäev:* 15.12.2020

*90 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)*

*Ülikool:* Tallinna Tehnikaülikool

*Teaduskond:* Inseneriteaduskond

*Instituut:* Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

*Töö juhendaja(d):* Toomas Vaimann, Anton Rassõlkin

*Töö konsultant (konsultandid):* Ants Kallaste, Kristjan Pütsep

*Sisu kirjeldus:*

TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni olemasoleva elektrivarustuse kaardistamine koos seadmete, kaabelduse ja teiste alamosadega. Vastavate skeemide koostamine. Olemasoleva elektripaigaldise korrektsuse ja vastavuse hindamine paraboolantenni opereerimise vajadustega. Elektrivarustuse ümberehitamine ja/või täiustamine ning dokumenteerimine skemaatiliselt projektdokumentatsioonis koos seletuskirja, vajalike arvutuste ja seadmete spetsifikatsiooniga.

*Märksõnad:* Automaatika, paraboolantenn, maajaam, automaatika-juhtimiskilp, elektripaigaldis, kaitseaparatuur, EVS, standard, sagedusmuundur, magistritöö

## ABSTRACT

*Author:* Dmitri Kurasjov

*Type of the work:* Master Thesis

*Title:* Electrical Installation Documentation of TalTech Student Satellite Ground Station Parabolic Antenna

*Date:* 15.12.2020

*90 pages (the number of thesis pages including appendices)*

*University:* Tallinn University of Technology

*School:* School of Engineering

*Department:* Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

*Supervisor(s) of the thesis:* Toomas Vaimann, Anton Rassõlkin

*Consultant(s):* Ants Kallaste, Kristjan Pütsep

*Abstract:*

Mapping of the existing power supply of the parabol antenna of the TalTech student satellite ground station together with equipment, cabling and other sub-parts. Preparation of corresponding schemes. Assessing the correctness of the existing electrical installation and its compliance with the needs of the operation of the parabolic antenna. Rebuilding and/or upgrading the power supply and documenting it schematically in the project documentation with an explanatory report, the necessary calculations and equipment specifications.

*Keywords:* Automation, Parabol antenna, Ground station, Automation control panel, Electrical installation, Protection equipment, EVS, Standard, Frequency converter, Master's thesis

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	<b>TalTech tudengisatelliidi maajaama parabolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon</b>
Lõputöö teema inglise keeles:	<b>Electrical Installation Documentation of TalTech Student Satellite Ground Station Parabolic antenna</b>
Üliõpilane:	<b>Dmitri Kurasjov, 182987AAAM</b>
Eriala:	<b>AAAM Energiamuundus- ja juhtimissüsteemid</b>
Lõputöö liik:	<b>magistritöö</b>
Lõputöö juhendaja:	<b>Toomas Vaimann, Anton Rassõlkin</b>
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	<b>2020/2021 õppeaasta</b>
Lõputöö esitamise tähtaeg:	<b>21.12.2020 kell 15:00</b>

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppekava juht (allkiri)

## 1. Teema põhjendus

TalTech tudengisatelliidi programm hõlmab lisaks orbiidile saadetavatele satelliitidele ka MEKTORY majas asuvat maajaama. Maajaama oluliseks osaks on maja katusel asuv parabolantenn, mille ülesandeks on satelliitide ülelendude jälgimine. Parabolantenniga opereerimiseks on vaja koostada elektrivarustuse projektdokumentatsioon, mille alusel teostada elektripaigaldise ehitus.

## 2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on kaardistada olemasolev elektrivarustus koos seadmete, kaabelduse ja teiste alamosadega. Koostada vastavad skeemid. Hinnata olemasoleva elektripaigaldise korrektsust ja vastavust parabolantenni opereerimise vajadustega. Tuua välja elektrivarustuse ümberehitamise ja/või täiustamise vajadus ning dokumenteerida see skemaatiliselt projektdokumentatsioonis koos seletuskirja, vajalike arvutuste ja seadmete spetsifikatsiooniga.

## 3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- 1) Olemasoleva elektrivarustuse kaardistamine koos seadmete, kaabelduse ja teiste alamosadega
- 2) Olemasoleva elektrivarustuse dokumenteerimine
- 3) Olemasoleva elektripaigaldise korrektsuse ja vastavuse hindamine vastavalt parabolantenni opereerimise vajadustega

- 4) Elektrivarustuse ümberehitamise ja/või täiustamise vajaduse väljatoomine
- 5) Elektrivarustuse projektdokumentatsiooni koostamine koos vajalike skeemide, seletuskirja, vajalike arvutuste ja seadmete spetsifikatsiooniga

#### **4. Lähteandmed**

- 1) Objekti visuaalne vaatlus
- 2) Kasutusel olevate seadmete spetsifikatsioonid ja andmelehed
- 3) Olemasoleva elektripaigaldise skeemid
- 4) Paraboolantenni mehaanilise osa skeemid ja arvutused

#### **5. Uurimismeetodid**

Kasutatakse objekti visuaalset vaatlust. Tutvutakse seadmete spetsifikatsioonide ja andmelehtedega. Tuginetakse asjakohastele standarditele ja õigusaktidele. Projektdokumentatsioon koostatakse kasutades CAD tarkvara, tekstiredaktorit, tabel arvutustarkvara.

#### **6. Graafiline osa**

Põhiosas esitatakse objekti ja kasutatavaid seadmeid illustreerivaid jooniseid ja fotosid. Lisas esitatakse projektdokumentatsioon.

#### **7. Töö struktuur**

EESSÖNA

Lühendite ja tähiste loetelu

SISSEJUHATUS

##### **1. Objekti kirjeldus**

1.1 Tööpõhimõte ja ehitus

1.2 Elemendid

1.3 Tehnilised andmed

##### **2. Olemasoleva elektripaigaldise kirjeldus**

2.1 Kasutatavad seadmed

2.2 Olemasolevad elektrikilbid ja jaotlad

2.3. Olemasolev kaitseaparatuur

2.4 Olemasolev kaabeldus

3. Elektripaigaldise ümberehitamise ja/või täiustamise vajadus koos põhjendustega

4. Lõpliku elektripaigaldise projekti kirjeldus koos alamosadega, põhjenduste, seadmete valikukriteeriumite ja spetsifikatsioonidega

KOKKUVÕTE

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

LISAD

## **8. Kasutatud kirjanduse allikad**

Õigusaktid

Standardid

Andmelehed ja spetsifikatsioonid

Tehnilised tingimused

## **9. Töö etapid ja ajakava**

1) lähteandmete kogumine	(31.07.2020)
2) olemasoleva paigaldise kirjeldus ja skeemid	(04.09.2020)
3) teoreetilise osa kirjutamine	(30.09.2020)
4) projektdokumentatsiooni koostamine	(31.10.2020)
5) töö esimene versioon valmis	(30.11.2020)
6) paranduste sisseviimine	(11.12.2020)
7) töö lõplik versioon valmis	(18.12.2020)



# SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE.....	4
ABSTRACT .....	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE .....	6
EESSÕNA.....	11
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	12
SISSEJUHATUS .....	13
1. OBJEKTI KIRJELDUS.....	15
1.1 Tööpõhimõte ja ehitus .....	15
1.2 Elemendid.....	18
1.3 Seaduslik alus .....	22
2. OLEMASOLEVA ELEKTRIPAIGALDISE KIRJELDUS.....	25
2.1 Kasutatavad seadmed .....	25
2.2 Olemasolevad elektrikilbid ja jaotlad .....	29
2.3 Olemasolev kaitseaparatuur .....	31
2.4 Olemasolev kaabeldus.....	32
3. ELEKTRIPAIGALDISE ÜMBEREHITAMISE JA/VÕI TÄIUSTAMISE VAJADUS KOOS PÕHJENDUSTEGA. .....	34
3.1 Avastatud märkused.....	34
3.2 Ümberehituse vajadus.....	41
4. LÕPLIKU ELEKTRIPAIGALDISE PROJEKTI KIRJELDUS .....	46
4.1 Uue struktuuri loogika.....	46
4.2 Koostatud projekt.....	48
4.3 Automaatika-juhtimiskilbi ehitus .....	50
4.4 Soovitused automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 koostamiseks.....	53
KOKKUVÕTE .....	55
SUMMARY .....	56
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	57
LISAD .....	59
Lisa 1.1 Algoonised.....	60

Lisa 1.1 Algjoonised.....	61
Lisa 2.1 Tööprojekt.....	62
Lisa 2.2 Tööprojekt.....	63
Lisa 2.3 Tööprojekt.....	64
Lisa 2.4 Tööprojekt.....	65
Lisa 2.5 Tööprojekt.....	66
Lisa 2.6 Tööprojekt.....	67
Lisa 2.7 Tööprojekt.....	68
Lisa 2.8 Tööprojekt.....	69
Lisa 2.9 Tööprojekt.....	70
Lisa 2.10 Tööprojekt.....	71
Lisa 2.11 Tööprojekt.....	72
Lisa 2.12 Tööprojekt.....	73
Lisa 2.13 Tööprojekt.....	74
Lisa 2.14 Tööprojekt.....	75
Lisa 3.1 +AJK1 elektriskeem ja tabel .....	76
Lisa 3.2 +AJK1 elektriskeem ja tabel .....	77
Lisa 4 Uus üldelektriskeem .....	78
Lisa 5.1 Uue süsteemi seadmete nimekiri .....	79
Lisa 5.2 Uue süsteemi seadmete nimekiri .....	80
Lisa 7.1 Ühenduste tabel.....	81
Lisa 7.2 Ühenduste tabel.....	82
Lisa 7.3 Ühenduste tabel.....	83
Lisa 8 Seletuskiri.....	84
Lisa 9 Dokumentide nimekiri .....	90

# EESSÕNA

Magistritöös on kasutatud asjakohaseid EVS standardeid ja õigusakte. Uurimismeetodina kasutati objekti visuaalset vaatlust. Töös on kasutatud seadmete spetsifikatsioone ja andmelehti. Projektdokumentatsioon koostati kasutades CAD tarkvara, tekstiredaktorit ja tabelarvutustarkvara.

Täna enda juhendajaid koostöö eest.

Automaatika, parabolantenn, sidejaam, automaatika-juhtimiskilp, elektripaigaldis, kaitseaparatuur, EVS, standard, sagedusmuundur, magistritöö

## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

A	Amper (Iseloomustab juhtme ristlõiget või muud pinda ajaühikus läbivat elektrilaengut)
AC	<i>Alternating Current</i> - Vahelduvvool
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - Raalprojekteerimine
DC	<i>Direct Current</i> -Alalisvool
DIN	DIN-liist (üldine metallprofiilile nimetus, mida kasutatakse elektrotehnikas)
EVS	Eesti Vabariigi standard
I	elektrivoolu tugevus
IE	<i>Premium efficiency – Suurem efektiivsus (mootori efektiivsuse klass)</i>
IP	<i>International Protection Marking</i> - IP-kaitseaste (numbriline näit, mis iseloomustab elektriseadme kaitstust välismõjude, sealhulgas tolmu ja vee eest)
UV	Ultraviolettkiirgus
Hz	Sagedus (võrdsete ajavahemike tagant korduvate sündmuste arv ajaühikus)
P	Võimsus (füüsikaline suurus, mis näitab, kui palju tööd teeb jõud ajaühiku jooksul)
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> – programmeeritav loogikakontroller
PoE	<i>Power-over-Ethernet</i> - Toide üle <i>Ethernet</i> -i liidese
Lx	Luks (pinnale langeva valgusvoo pindtihedus)
NC	<i>Normally Closed</i> - normaalselt suletud kontakt
NO	<i>Normally Open</i> -normaalselt avatud kontakt
V	Volt (väljendab elektrilaengu potentsiaalse energia ja laengu suuruse suhet)
p/min	Võlli pöörlemiskiirus minuti jooksul
W	Vatt (ajaühikus tehtav töö)

## SISSEJUHATUS

Lõputöö teemaks on TalTech tudengisatelliidi maajaama parabolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon (*Electrical Installation Documentation of TalTech Student Satellite Ground Station Parabol-antenna*). Teema valiku põhjenduseks on projektdokumentatsiooni puudulikkus ning kontroll, kas projekt vastab EVS ja Euroopa standarditele. Vajadusel ka projekti ümber ehitamine vastavalt juhenditele, standarditele ja tellija vajadustele ja ettepanekutele.

Lõputöö on jaotatud neljaks osaks: objekti kirjeldus, olemasoleva elektripaigaldise kirjeldus, elektripaigaldise ümberehitamise ja/või täiustamise vajadus koos põhjendustega, lõpliku elektripaigaldise projekti kirjeldus koos alamosadega, põhjenduste, seadmete valikukriteeriumite ja spetsifikatsioonidega.

Esimene osa kirjeldab objekti ning projekti tööpõhimõtet ja loogikat. Samuti on kirjeldatud projektis kasutatud seadmeid ning nende spetsifikatsioone, välja toodud struktuurskeemi põhimõte. Lühidalt on kirjeldatud seadusi, õigusakte ning standardeid, millele toetuda projekti hindamisel ja ehitamisel.

Teises osas on välja toodud olemasolevad elektripaigaldised, elektriseadmete nimekiri ja spetsifikatsioonid. Eraldi on kirjeldatud projektis osalevad kilbid, jaotuskilp ja automaatika-juhtimiskilp. Kirjeldatud on nende töö põhimõtet ja seadmeid. Eraldi on välja toodud kaitseaparatuur, mis osaleb algprojektis. Koostatud on kaablipäevik ning toodud välja kaablite tüübid koos alg- ja lõpp-punktidega.

Kolmandas peatükis on juhitud tähelepanu projekti vastavusele EVS standardite ja teiste õigusaktide ning juhistega. On kirjeldatud algprojektis avastatud ebatäpsused ja vead, mis võivad häirida või rikkuda uuritava objekti tööd. Samuti on kolmandas peatükis toodud ettepanekud, kuidas elektripaigaldised ümber ehitada ja/või täiustada.

Viimases osas on kirjeldatud uut projekti koos põhjendustega. On kirjeldatud lisaseadmeid koos valikukriteeriumi spetsifikatsioonidega. Ühes alapeatükis on toodud uue automaatikakilbi detailne ehitus.

Käesoleva lõputöö läbi töötamisel saab ettekujutuse automaatikakilbi projekteerimisest üldiselt ning konkreetse kilbi näitel on võimalik vaadelda, millised vead tehti projekteerimise ajal ja kuidas need lahendada. Tööd võib kasutada kasutusjuhendina automaatika-juhtimiskilbi projekteerimisel.

# 1. OBJEKTI KIRJELDUS

Objektiks osutus parabolantenn, mis on MEKTORY satelliidiprogrammi osa. See programm on üleülikooliline ja rahvusvaheline initsiatiiv, mida viiakse ellu koostöös teadus- ja ettevõtluspartneritega nii Eestist kui välismaalt. Tegemist on tudengisatelliidi programmiga, kus läbi praktilise õppe omandavad tudengid reaalseid teadmisi ja kogemusi. Projekti missioon on tagada piirkonnas uute tehnoloogiate areng ja kõrgetasemeline tööjõud nii Eesti kui ka rahvusvahelistes kosmose- ja tehnoloogia valdkonna ettevõtetes. [1]

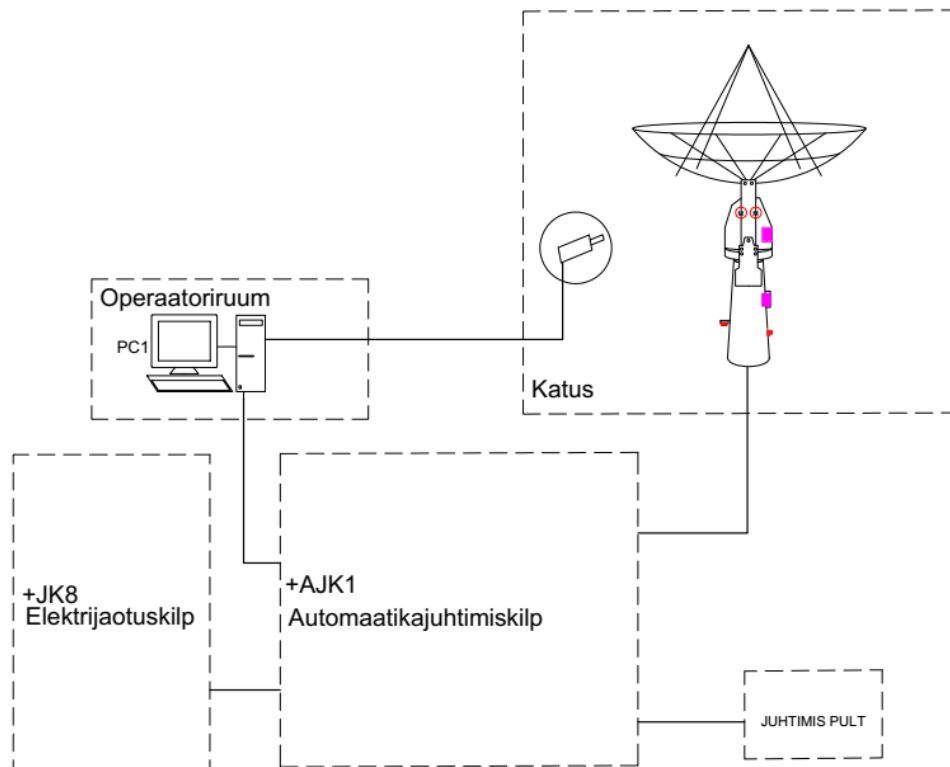
Maapealse objekti võib jagada mitmeks osaks: parabolantenni mehaaniline osa, parabolantenni elektriline osa ning juhtimisosa. Mehaanilise osa komponendid on parabolantenni keha ja ülekandega mootorid. Elektrilise osa komponendid on elektrikilbi osa, automaatika-juhtimiskilp, jaotuskarbid, piirlülid ja käsitsijuhtimise pult. Juhtimisosa komponendid on riistvara (PLC, sagedusmuundurid, arvuti koos kaameraga) ning tarkvara (satelliidi asukoha määramise ja jälgimise programm, PLC programm, sagedusmuundurite seadistamine). Esimese ja viimase punkti komponendid ei ole antud töö uuritavad objektid, uuritakse vaid nende koostööd elektrilise osaga ning nende elektrikaitset. [2]

## 1.1 Tööpõhimõte ja ehitus

Madalal Maa orbiidil lendab satelliit ööpäevas üle Eesti umbes 10 korda, millest päevasel ajal 4-5. Ühe orbiidi periood on ligikaudu 90 minutit. See võimaldab saada suuremal hulgal andmepakette satelliidilt ja anda paremat tagasisidet missiooni käekäigu kohta. [3]

Lisaks satelliidi alamsüsteemidele on missiooni edukaks läbiviimiseks vajalik ka maapealne tugi, milleks on sidejaam. Maapealse objekti tööpõhimõte on esitatud struktuurskeemil Joonis 1.1. Operaator otsib spetsiaalse tarkvara abil satelliidi asukoha ja edastab koordinaadid peaarvutile satelliidiga ühenduse võtmiseks. Peaarvuti edastab käsklused automaatika-juhtimiskilbile, mille abil parabolantenn võtab õige positsiooni. Operaator saab jälgida parabolantenni liikumist kaamera abil. Käsijuhtimiseks on olemas pult. Samuti asub katusel vilkuriga sireen, öine valgustus ja hädastopp nupp.

Automaatikakilp, mis asub kolmanda korruse riietusruumis, saab toite elektrijaotuskilbist JK-8, mis asub kolmanda korruse kilbiruumis.



Joonis 1.1 Algprojekti struktuurskeem

Side maajaamaga toimub satelliitidel kahel viisil – 435.450 MHz sagedusel (kummalgi satelliidil) ja 10.460 GHz (Koit) ja 10.465 GHz (Hämarik) sagedusel. 435.450 MHz sagedusel toimub kahepoolne side – satelliit saadab oma põhiandmeid ja infot alamsüsteemide seisundi kohta, maajaam saadab omakorda vastu info järgmise missiooni kohta – millest järgmisena pilti teha ja millist katset järgmisena käivitada. 10.460-10.465 GHz sagedustel on võimalik alla laadida suuremat infokogumit – satelliitide poolt orbiidil tehtud pilte. Andmeside kiirus ei ole piisavalt suur, et saaks valimatult kõiki pilte alla laadida, seetõttu peab satelliidil olev pilditötluse süsteem otsustama, millised pildid on väärtuslikumad ja millised jätta järjekorras tahapoole. Satelliidi sideprotokoll on AX 25. [2]

Optilise side katse jaoks on satelliidile paigaldatud leedid ja laserdiodid. Satelliit suunab need Eestist üle lendamise ajal Maa poole, maajaama juhtiv meeskond püüab samal ajal teleskoobiga satelliidi liikumist jälgida. Kui satelliit vilgutab leede ja laserdioode, on võimalik teleskoobiga neid Maalt näha. Nii saab optiliste vahenditega satelliidilt infot maale saata. Distantsiks satelliidi ja maajaama vahel on vähemalt 500 km, seega on väikese satelliidi saadetud optilist signaali raske püüda. Kui maajaamas teleskoobi külge ehitatud sensorid aga näevad leedide ja laser-diodide vilkumist, saab seda info edastuse kiirust tõsta maksimaalse mõõdetavani. [2]



Projekti maajaam on paraboolantenn, mis on suundantenn, mille kiirgur (aktiivelement) paikneb paraboloidikujulise pinnaga reflektori ehk peegeldi fookuses. Niisuguseid antenne kasutatakse mikrolainete korral, mis peegelduvad suurtelt pindadelt optikast tuntud seaduspärasuste järgi. [4] Projektis kasutatud paraboolantenn on kujutatud Joonis 1.2.



Joonis 1.2 Paraboolantenn

Paraboolantenni asukoha määramiseks kahes dimensioonis kasutati algprojektis kahte absoluutset pöördkooderit ning nelja piirlülitit. Süsteemi kaitseks kasutati veel kuut piirlülitit. Liikumiseks kasutati kahte ülekandega mootorit (asimutaalne suund ehk horisontaalliikumine ja elevatsiooni suund ehk vertikaalliikumine).

Mootorite juhtimiseks planeeriti automaatika-juhtimiskilp +AJK1, mis oli osaliselt valminud. Seda tüüpi kilbid esindavad üsna laia kategooriat. Elektrimootorite automaatsel juhtimisel on oma kriteeriumid. Kilp või kapp peavad tagama sujuva käivitamise, samuti kaitsma mootorit ja seadmeid sisselülitusvoolude, pingelanguste ja lühiste eest. Selline automaatika on võimeline muutma võlli pöörlemiskiirust ja pöörlemissuunda. Kilbi põhikomponentide hulka kuuluvad reeglina sagedusmuundurid, sujuvkäivitid, kaitselemendid, kontaktorid jne.

Alguses planeeriti juhtida mootoreid sagedusmuundurite abil ja avarii korral või piirlülite rakendumise korral kasutada lahuskontaktoreid elektriosa väljalülitamiseks. Sagedusmuundurid

pidid otse suhtlema operaatorarvutiga ja alluma talle. Pöördkooderid pidid samuti määrama paraboolantenni asukoha otse operaatorarvutisse.

Seisuasendis on paraboolantenni kaitstud liikumise eest nelja poldi abil. Kaitsepoltide olemasolu on kontrollitud piirlülitiga, mille NO kontaktid jätsid kontaktorid lahtisesse asendisse. Poldi ja piirlüliti näidis on Joonis 1.3.



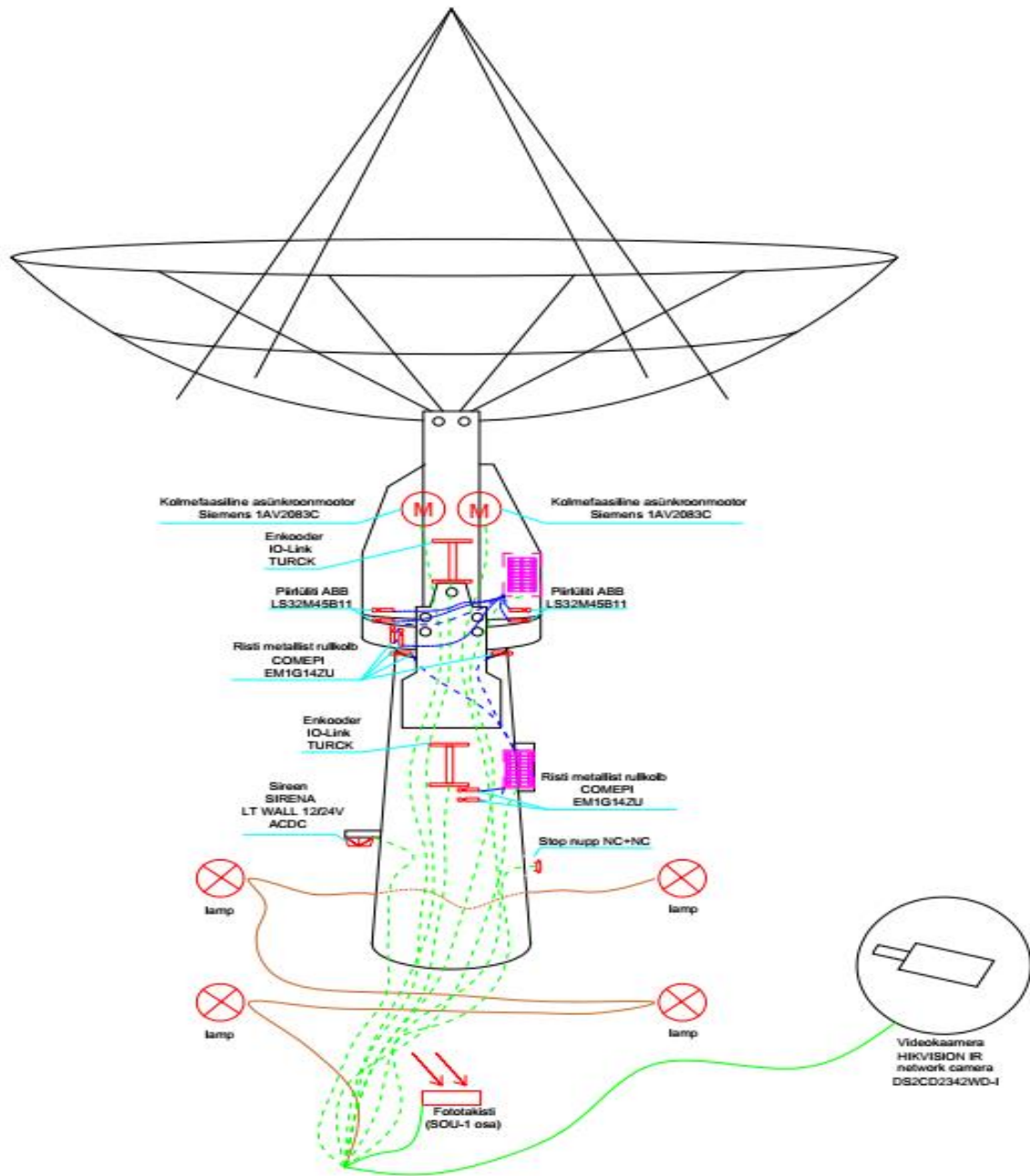
Joonis 1.3 Kaitsepolt ja piirlüliti

Katusele oli planeeritud üks hädastopp nupp, mille tööpõhimõtte seisnes samuti kontaktorite lahutamises.

Automaatika-juhtimiskilbi toide oli planeeritud lähima jaotuskilbi JK-8 kaudu, mis asub kõrvalruumis. Operaatori abiks oli katusele planeeritud valgustus ja kaamera. Valguse juhtimine asus samuti automaatika-juhtimiskilbis. Käsitsi juhtimiseks oli planeeritud pult nelja nupuga: vasakule-paremale, üles-alla.

## 1.2 Elemendid

Kuna jaotuskilbi ja automaatika-juhtimiskilbi elektripaigaldise seadmeid kirjeldatakse täpsemalt peatükis 2. ja 2.1., siis osutaksin tähelepanu seadmetele, mis asuvad katusel (abiseadmed ja mehaanilised seadmed, mis on maajaama osadeks). Katusel asuvad seadmed on esitatud Joonis 1.4.



Joonis 1.4 Katusepealsed seadmed

Paraboolantenni liikumiseks õigesse positsiooni ja elektrienergia mehaaniliseks energiaks muundamiseks on kasutatud kahte ZAE Antriebssystem ülekandega mootorit. See on spiraalne tiguülekannemootor, tüüp DB125B. Tiguülekande reduktori käigukasti väljundkiirus on 12,5 p/min. Ajami mootori väljundvõimsus 0,18 ~18,5 kW [5]. Vaata Joonis 1.5.



Joonis 1.5 Spiraalne tiguülekannemootor [5]

**Mootorid** on Siemens D90441, kolmefaasilised madalpinge mootorid, mille eelised on madal vibratsioon, töö sagedusmuunduriga standardvarustuses ja lihtsa muutmise võimalus abiseadmete paigaldamiseks [6]. Mootorid on ühendatud tähte. Mootorite andmed on esitatud Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Mootorite karakteristikud

<b>Ühendusviis</b>	Tähtühendus	Y
<b>Nimipinge</b>	400	V
<b>Nimivool</b>	1,65	A
<b>Võimsus</b>	0,55	kW
<b>Võimsustegur</b>	0,66	
<b>Pöörlemiskiirus</b>	935	p/min
<b>IE klass</b>	IE2	

Paraboolantenni asukoha kindlaks määramiseks kahes dimensioonis on kasutatud neli piirlülitiid ja kaks absoluut pöördkooderid.

**Pöördkooder** on elektromehaaniline seade, mis muundab võlli pöördenurga või selle muutused koodiks, mida saab lugeda teiste seadmete abil ja määrata õigeid asendeid, positsiooni. Absoluutsel kooderil on iga võlli asendi jaoks kordumatu kood, mis tähistab kooderi absoluutset positsiooni. See pakub otse digitaalset väljundit, mis tähistab absoluutset nihet. Tegelik asukoha väärtust mõõdetakse kohe süsteemi sisselülitamisel. Seega ei vaja absoluutkooder loendurit, kuna mõõdetud väärtus tuletatakse otse astmelisusest. See annab digitaalse väljundi, mis vastab otse positsioonile. Iga bitipositsioon kodeeritakse eraldi läbi spetsiaalse LED-paari. Iga kood tähistab võlli absoluutset nurgaasendit pöörlemisel. Absoluutse kooderi ketas kasutab halli koodi, milles korruga muutub üks bitt, mis vähendab kooderi kommunikatsioonivigu. Neid saab jagada ühe pöörde ja

mitme pöörde kodeerivateks. [7] Projektis kasutatud RI360P0-QR24M0-IOLX2-H1141 kontaktivaba kooder, täpsemad karakteristikud on toodud Tabel 1.2.

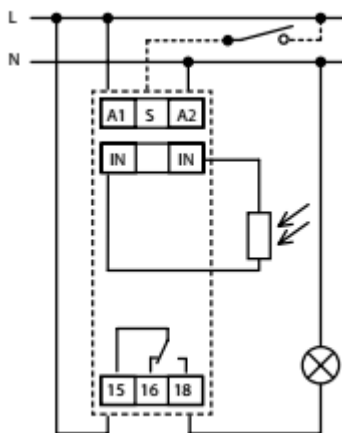
Tabel 1.2 Kooderi karakteristikud [8]

<b>Möötmise põhimõte</b>	induktiivne	
<b>Max pöörlemiskiirus</b>	800	p/min
<b>Möötepiirkond</b>	0-360	°
<b>Tööpinge</b>	15-30	V DC
<b>Väljunditüüp</b>	absoluutne	
<b>Andmeedastusprotokoll</b>	IO-Link	
<b>Voolu tarbe</b>	50	mA
<b>Kontaktide arv</b>	4	IO-Link
<b>Kaitse klass</b>	IP68/IP69K	

**Abiseadmeteks** võib nimetada vilkuriga sireeni, mis mehhanismide tööajal töötab ning valgustussüsteemi (valgusrelee, valgustakisti, Leed lambid), mis töötab pimedal ajal koos kaameraga, mis aitab operaatoril visualiseerida, mis toimub katusel reaalajas.

**Vilkuriga sireeniks** on kasutatud Sirena Mline Wall. Alus on mõeldud külg-/seinakinnituseks. Kasutab toiteks 12-24 V AC/DC, maksimaalne vool on 3 A, maksimaalne võimsus on 36 W [9].

**Valgustussüsteemis on** kasutatud SOU-1 hämaralülitit [10]. Lüliti kontaktor ise asub automaatika-juhtimiskilbis +AJK1, ja võtab toidet seal asuvast toiteploki. Katusel asub fototakisti, mis mängib sensori rolli. Kui süsteem on sisse lülitatud ja katusel on pime, siis kontaktor lülitab sisse katusevalgustuse. Täpne skeem on Joonis 1.6, seadme karakteristikud Tabel 1.3. Projektis kasutatud toide on 24 V DC.



Joonis 1.6 SOU-1 töö põhimõtte [10]

Tabel 1.3 SOU-1 karakteristikud [10]

<b>Toite ping</b>	12-240	V AC/DC
<b>Max võimsus DC</b>	0,5-1,7	W
<b>Esimene režiim</b>	1-100	Lx
<b>Teine režiim</b>	100-5000	Lx
<b>Väljundi nimivool</b>	16	A AC
<b>Kaitseklass</b>	IP40	

Valgustus aitab operaatoril operatiivselt arvestada olukorraga katusel: kas on kõrvalisi isikud, kas süsteem töötab, kas puuduvad süsteemi füüsilised rikked. Projektis kasutatud kaamera on HIKVISION DS-2CD2342WD-I. Seadme karakteristikud on esitatud Tabel 1.4 Kaamera karakteristikud [11].

Tabel 1.4 Kaamera karakteristikud [11]

<b>Toide</b>	12	12V DC ja PoE
<b>Kaitseklass</b>	IP67	
<b>Sideliidesed</b>	1 RJ-45	10M/100 m <i>Ethernet</i>
<b>Max võimsus</b>	5,5	W

### 1.3 Seaduslik alus

Õigusaktide loetlemine ehitusprojekti koosseisus ei ole vajalik, kuna õigusaktide järgimine on üldkohustuslik. Objekti projekteerimisel ja tööde teostamisel järgitakse muuhulgas järgmiste normdokumentide nõudeid [12][13]:

- Ehitusseadustik, vastu võetud 11.02.2015;
- Seadme ohutuse seadus, vastu võetud 18.02.2015;
- Nõuded ehitusprojektile, vastu võetud 17.07.2015 nr 97;
- EVS 932:2017, Ehitusprojekt, kehtiv alates 16.05.2017;
- EVS-HD 60364-5-51:2009/A11:2013, Ehitiste elektripaigaldised. Osa 5-51: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Üldjuhised, kehtiv alates 09.09.2013
- EVS-EN 61140:2016, Kaitse elektrilöögi eest. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele, Kehtiv alates 01.06.2016;
- EVS-HD 60364-1:2008, Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldiseloomustus, määratlused, Kehtiv alates 07.11.2008;
- EVS-EN 61439-3:2012, Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavaisikud, Kehtiv alates 05.12.2012;

- EVS-EN 15232-1:2017, Hoonete energiatõhusus. Osa 1: Hoone automaatika, juhtseadmete ja hoonehalduse toime. Moodulid M10-4,5,6,7,8,9,10, Kehtiv alates 02.06.2017;
- Levinud projekteerimistavad jms. Juhised;
- Tootjate juhised, kasutusjuhised, teaberaamatud.

Juhul kui teatud eriosade kohta tekivad küsimused, lähtuda normdokumentide järgmisest pädevusejärjestusest:

- Eesti Vabariigi seadused;
- Eesti Vabariigi määrused;
- Eesti Vabariigi standard,
- Euroopa standardid (EN-HD, EN, jt.);
- IEC- või rahvuslikest standarditest (SFS, DIN jt.).

Kui tekib vastuolu erinevates normdokumentides esitatud nõuete vahel mõne üksikjuhtumi lahendamisel, siis tuleb juhendada nõudest, mis esitab antud probleemi lahendamiseks kõrgendatud tingimused. Juhul kui ülal loetletud alusdokumentide nõuded on vastuolus, tuleb arvestada eelpoolmainitud normi nõudeid. Juhul kui antud juhendi nõuded on alusdokumentatsiooni nõuetest rangemad, tuleb täita antud juhendi nõudeid. Joonis 1.7 Elektriala seadusandluse ja normiteabe hierarhia [14] on võimalik näha elektriala seadusandluse ja normiteabe hierarhiat.



Joonis 1.7 Elektriala seadusandluse ja normiteabe hierarhia [14]





## 2. OLEMASOLEVA ELEKTRIPAIGALDISE KIRJELDUS

Peatükis vaadatakse üle algprojekti elektriline ja automaatika osa ehk jaotuskilbi JK-8 osaline ehitus, mis on seostatud projektiga ning automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 täielik ehitus ja komponendid. Kirjeldatakse juhtmete jaotust katusel ning koostatakse olemasolevate kaablite kaablitabel. Samuti koostatakse lühike kokkuvõtte kasutatud anduritest ja kaitsesüsteemidest.

### 2.1 Kasutatavad seadmed

Suurem osa elektriseadmetest on jaotud kahte kilpi. Mõlema kilbi sees hoitakse kõik DIN lattidel, mis on maandatud ühes punktis. Kuna kasutatud seadmed kuuluvad keeruliste tehniliste seadmete hulka, on mõlemad korpused suletud võtmega. Korpus, ukсед ja pingestatud osad peavad samuti olema maandatud. Mis puutub asukohta, siis kõik sõltub ruumi omadustest. Antud kilpide asukohad: Jaotuskilp JK-8 asub MEKTORY maja kolmanda korruse kilbiruumis, seinapealne paigaldusviis; Automaatika-juhtimiskilp +AJK1 asub kolmanda korruse kilbi ruumi kõrval ruumis, sellel on samuti seinapealne paigaldusviis.

**Jaotuskilbi JK-8** sees kuuluvad antud projekti alla ainult liigpingepiirik ja automaatkaitselüliti, teised seadmed on seotud maja teiste süsteemidega. Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 seadmed ja temaga seostatud seadmed on toodud Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Automaatika süsteemi seadmed

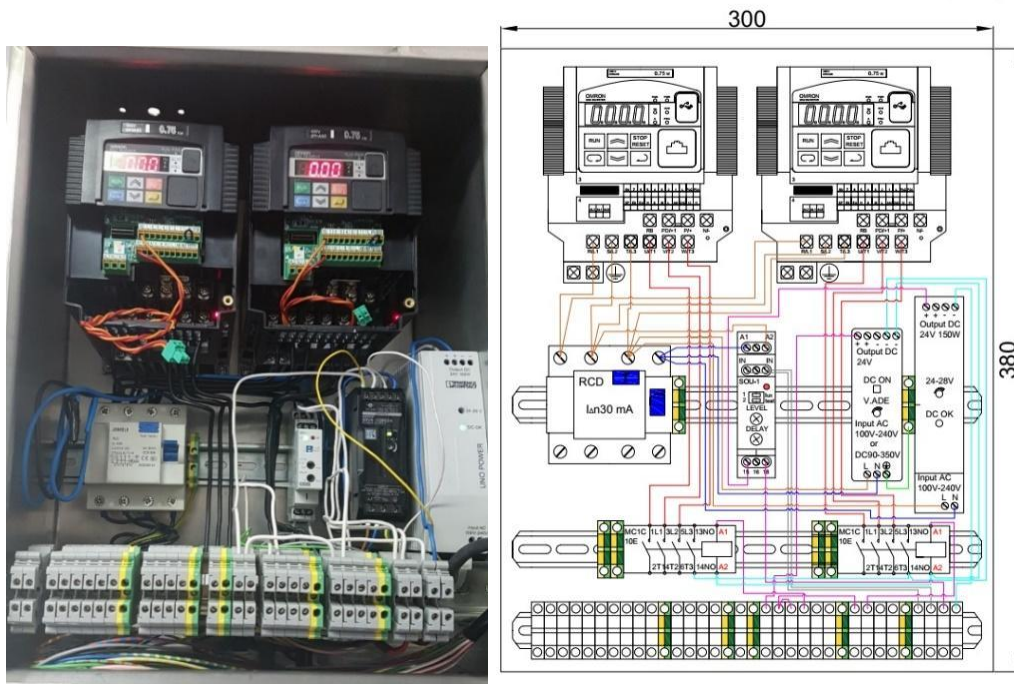
Märgistus	Elementide kirjeldus	Kogus
+AJK1	Kilp AE1005600 RITTAL	1 tk
QSD1	Rikkevoolukaitse JUNXELE I $\Delta$ n 30 mA	1 tk
UZ1-2	Sagedusmuundur MX2 OMRON	2 tk
PS1	Toiteplokk 24VDC 120W	1 tk
PS2	Toiteplokk 24VDC 150W	1 tk
KM1-2	Kontaktor MC1C 10E GE Indust.	2 tk
H 1	Indikaatorlamp 230VAC	1 tk
H 2-4	Indikaatorlamp 24 VDC	3 tk
KL1	hämäralüliti SOU-1 Elko	1 tk
	Piirlüliti ABB LS32M45B11	4 tk
	Piirlüliti COMEPI EM1G14ZU	6 tk
	Pult 8 NO Lovato LPX CB10	1 tk
	Hädastopp nupp NC+NC	1 tk

Jaotuskilbi JK-8 liigpingepiirikut kasutatakse terve kilbi jaoks. Liigpingepiirikud peavad piirama pinget selliselt, et siirdeliigpinge impulsi amplituudväärtus ei ületaks kaitstava seadme impulsitaluvust. Selleks peab pingepiiriku rakenduspinge olema kaitsevaruga. EVS-HD 60364-5-534:2008 Liigpingekaitsevahendid annab liigpingepiirikute valikuks ja paigaldamiseks täpsemaid soovitusi. [15][16] Jaotuskilbi JK-8 kasutatud Liigpingepiirik tüüp 2, Ex9UE2 20, Noark. C-klass (T2), 3-poolust,  $I_n = 20 \text{ kA}$ ,  $I_{max} = 40 \text{ kA}$ ,  $U_c = 275 \text{ V}$ ,  $U_p = 1,4 \text{ kV}$ .

Tüüp 2 liigpingepiirikud suudavad piirata välgu kauglöökidest ja lülitustoimingutest põhjustatud liigpingeimpulsse ning tüüpi 1 kuuluvate piirikute jääkpingeimpulsse. Tüüpi 2 kuuluvad piirikud ise ei suuda lahendada välgu otselöökide suurt energiat nagu tüüpi 1 kuuluvad piirikud, kuid neil on madalam kaitsetase ( $U_p$ ). Seetõttu on need soovitatav paigaldada liigpingetundlikele seadmetele võimalikult lähedale. Elektripaigaldiste sisenditesse aga vaid juhul, kui on välistatud välgu otselöögi impulsi võimalus. [17]

Automaatkaitselüliti on kolmefaasiline A3163 25 A. Kaitselülidid A3163 on ette nähtud voolu juhtimiseks tavarežiimis ja kaitseks vastuvõetamatu kestusega ülekoormuse, lühiste ja lubamatute pingelanguste eest, kuni 660 V AC nimipingega või kuni 440 V DC. Vahelduvvoolu kaitselülitit saab kasutada ka AC-3 rakenduskategoorias asünkroonsete elektrimootorite harva otsese käivitamise kaitsmiseks. Kaitselülidid toodetakse termiliste ja elektromagnetiliste ülevoolulülititega. [18] Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 toiteks kasutatud grupp nr 8.

**Automaatika-juhtimiskilbis +AJK1** automaatkaitselüliti kaitse puudub, olemas on ainult rikkevoolukaitse. Joonis 2.1 on näidatud a) automaatika-juhtimiskilp +AJK1 b) automaatika-juhtimiskilp +AJK1 monteerimisskeem, mis koostati ülevaatuse protsessi ajal kontrolli lihtsustamiseks. Algskeemid olid puudulikud, osa skeemidest puudusid üldse. Kõik algprojekti skeemid on lisatud lõputöö lõpus (vt Lisa 1.1 ja Lisa1.2).



Joonis 2.1 a) automaatika-juhtimiskilp b) automaatika-juhtimiskilbi monteerimisskeem

Automaatika-juhtimiskilbis on kaks toiteplokki 230 VAC/24 VDC. Esimene toetab elektromagnetilisi kontakteid, piirlüliteid katusel ja indikaatorlampe kilbi uksele. Teine toetab SOU-1 süsteemi. Toiteplokkide karakteristikud on välja toodud Tabel 2.2

Tabel 2.2 Toiteplokkide karakteristikud

karakteristikud	S8VK-C Omron	UNO-PS/1 AC/24 DC	ühikud
sisend			
Võimsus	120	150	W
Nimipinge	100-240	100-240	V AC
Sagedus	50-60	50-60 +-5	Hz
Nimivool	1,4 A	0,68	A
väljund			
Nimipinge Un	24	24 ± 1 %	V DC
Nimivool In	5	6,25	A
Kasutegur	88	94	%

Mootoreid kaitsevad ja juhivad kaks kolmefaasilist sagedusmuundurit Omron 3G3MX2-A4004, nende tööpinge on 400 V, kasutegur on 93 %, töövõimsus 0,75 kW [19].

Sagedusmuundur koosneb kolmest osast: alaldist, vahelulist ja vaheldist. Lisaks võib sagedusmuundurisse kuuluda võrgufilter ja eraldi ventilaator. Kiirust saab reguleerida sagedusmuunduriga. Muundur muudab vahelduvvoolu pinget ja sagedust. Kolmefaasiline vahelduvvool sagedusega 50 Hz juhitakse alaldisse, mis muudab vahelduvvoolu alalisvooluks. Alaldi

pulseeriv väljundpinge filtreeritakse ja silutakse alalisvoolu vahelülis. Seejärel muundab vaheldi alalisvoolu taas vahelduvvooluks, suunates mootori faasimähistele kindlas järjekorras alalispinge negatiivseid või positiivseid impulsse. [16]

Mootorite lisakaitseks on kasutatud kaks elektromagnetilist kontaktorit Geindustrial MC1C 10E, AC kolmefaasiline, ühe NO kontaktiga, maksimaalne vool 9 A. NO kontaktiga on ühendatud kõik piirlülid ja hädastopp nupp.

Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 peal on 4 indikaatorlampi. Üks kollane 230 VAC, näitab, kas kilbis on toide. Kolm rohelist 24 VDC, näitavad, kas on olemas 24 V toide ja kas elektromagnetilised kontaktorid on NO või NC asendis, märgistus või kirjeldus puudub.

On olemas pult, mis on ühendamata ning mida on planeeritud kasutada puldi käsitsi režiimis. Puldi peal on neli nuppu kaheksa NO kontaktiga Lovato LPX CB10. Nupud koosnevad surunupust (kontaktist) ja ajamielementidest ning on mõeldud peamiselt elektromagnetiliste seadmete käsitsi kaugjuhtimiseks. Pärast ajami elemendi vajutamist peatub see koos all olevate kontaktidega, tagasivedrude toimimine naaseb oma algasendisse.

Järgmised seadmed asuvad katusel, aga kuna need on antud automaatikasüsteemi osa, on nende kirjeldus toodud siin. Need on hädastopp nupp ning piirlülid. Hädastopp nupp on ettenähtud seadmete kiireks peatamiseks hädaolukorras. Siin projektis on kasutatud kahte NC+NC kontaktidega nuppu ilma tagasitulekuta, mehaanilise riiviga. Piirlülid jagatakse eesmärgi järgi: *bolt* – teenindus- või seisurežiimis piirlülid ei luba mootoril käivitada seni kuni poldid on kohal; *limit* – kui mehaaniline osa jõuab antud piirlülitini, peavad mootorid ennast välja lülitama elektromagnetiliste kontaktorite lahutuse abil, see on lõpplülitid; *scram* – lisa piirlülid juhaks kui *limit* piirlülitite saavutamisel mootorid veel töötavad ja elektromagnetiline kontaktor ei lahutanud kontakte, siis süsteemil on viimane võimalus peatuda. Kasutatud piirlülid on kuus COMEPI EM1G14ZU (2 asimuudi lõpplülitid, 2 asimuudi poltide lülid, 2 on niinimetatud asimuudi *scram* lülid) ja neli ABB LS32M45B11 piirlülitid (2 elevatsioonipoltide lülitid ja 2 elevatsiooni lõpplülitid).

## 2.2 Olemasolevad elektrikilbid ja jaotlad

Nagu mainitud peatükis 2.1, on kasutatud kahte kilpi, üks neist osaliselt (jaotuskilp JK-8) ning teine täismahus (automaatika-juhtimiskilp). Kõikidel kilpidel, mida kasutatakse elektriseadmete projektides on olemas mõned üldised karakteristikud. Kõik need võib jagada mitmeks osaks.

Esimeseks osaks võib nimetada korpust. See on iga komplektse seadme põhikomponent. See hõlmab raami, voodriisi ja kinnituselemente (liistud, plaadid, postid jne). Maandusahelate järjepidevuse tagamiseks on kõik konstruktsioonelemendid reeglina valmistatud metallist või metallisulamitest. Tavaliselt kaetakse korpuse pinnaosad pulbervärviga antistaatiliste omaduste saavutamiseks.

Järgneb sisendi osa, mis hõlmab kõiki seadmed, mis võimaldavad toide sisenemist. Nende hulka kuuluvad sisendkaitselülitid, trafod, kaitselülitid, kaitsmed jne.

Seejärel jaotusosa, mis sisaldab erinevaid seadmeid elektrienergia jaotamiseks: näiteks igasugused lülitusseadmed. Sellesse rühma kuuluvad ka kaitseseadmed ülevoolude, alapinge, lühiste eest. Jaotusosa komponentidest võib eristada kontaktoreid, kaitselüliteid ja rikkevoolukaitseid.

Juhtimisosa - see on tihti olemas juhtimiskilpides, näiteks antud projektis on see automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 sees. Tüüpiline näide on pumpade, kütteseadmete, valgustuse jne juhtimiskilbid või kapid. See puudutab peamiselt tehniliste seadmete elektriagamite juhtimist. Seadmed, mis kuuluvad selle osa sisse on näiteks sagedusmuundurid, starterid, releed, hädastopp nupud, lülitid jne.

Viimasena võib välja tuua signaalosa, mis kuulub pigem automaatikakilpidesse. Iga automaatikakilp peab teavitama seadmete, vooluahelate ja seadmete hetkeseisust. Selleks peab see sisaldama teavitamise, signaalimise ja saatmise elemente. Need signaalid võivad olla valgus, heli, kaugjuhtimine (signaali edastamine juhtimiskeskusesse). Reeglina viiakse signaalosa jaotusseadmest väljapoole, näiteks uksele. See osa tagab pideva kiire juurdepääsu andmetele.

Elektrikilbid peavad olema lukustatud juhul kui on võimalik juurdepääs pingestatud voolujuhtivatele osadele. Muudel juhtudel peavad kilbid olema suletud. Peab olema kättesaadav informatsioon, kelle käes on kilpide võtmed. [20]

**Jaotuskeskused ehk jaotuskilp (JK)** tuleb üldjuhul paigutada tehnilistesse ruumidesse. Jaotuskeskus peab olema varustatud hingedega ja ühe võtmega avatavate süvislukkudega ustega. Avalikele pindadele (näit. koridorid) jäävad kilbid peavad olema valmistatud vähemalt 1,25 mm plekist ja kesta mehaaniline vastupidavus peab olema vähemalt IK08. Varustatakse indikatsioonivalgustusega, tuleb kasutada LED lampe. Jaotuskeskused tuleb varustada sisendis kolmepooluselise koormuslülitiga ja II tüüpi liigpingepiirikutega. [21] Objektil kasutusel oleva kilbi vanus on rohkem kui 30 aastat ning ei vasta osadele uutest nõuetest. Kilp asub eraldi ruumis, aga uks ei ole varustatud lukuga. Grupi kaitsmetena kasutatakse automaatkaitselüliteid. Lisatud uus II tüüpi liigpingepiirik.

Kõikide kilpide välikonstruktsioon peab tagama sees olevate seadmete kaitse tolmu, mustuse, vee, atmosfäärisademetega jms eest. Sellega seoses erinevad automaatika-juhtimiskilpide korpuse kaitse tasemed (IP-aste). [22] Automaatika-juhtimiskilbi korpuseks on valitud RITTAL kilp AE1005600 380 x 300 x 210, IP66, IK08 [23]. Uks on varustatud lukuga.

**Automaatika-juhtimiskilp +AJK1.** Paljud muutujad ja kiire töö muudavad seirefunktsioonid väga raskeks. Abiks on automatiseerimisvahendid, nagu automaatika-juhtimiskapid. Need on elektripaigaldised, mis sisaldavad tervet rida erinevaid elemente väliste mehhanismide automaatseks juhtimiseks. Selliste mitmekomponendiliste toodete sisemine struktuur sõltub nende funktsionaalsest otstarbest. Reeglina on kapi komponentideks lülitusseadmed, loogikakontrollerid, kaitseseadmed, sagedusmuundurid jne. Funktsionaalsust saab alati muuta sõltuvalt konkreetse ülesande täitmisest ja objekti omadustest.

**Katusel asuvad kaks jaotuskarpi (harukarp), +JK0.1 ja +JK0.2** piirlülite juhtmete jaotamiseks, mõlemad on plastikkorpustes. Karpides asuvad klemmliistud. Jaotuskarp +JK0.1 asub paraboolantenni torni keskosas ja vastutab asimuudi piirlülite eest. Teine jaotuskarp +JK0.2 asub liikuv mootori osas paraboolantenni ülaosas ja vastutab elevatsiooni piirlülite eest. Mõlemad karbid on kujutatud Joonis 2.2.



Joonis 2.2 Jaotuskarbid +JK0.1 ja JK0.2

## 2.3 Olemasolev kaitseaparatuur

Kaitseelemendid on sellise seadme oluline komponent. Need peavad kaitsma mitte ainult ühendatud seadmeid, vaid tagama ka käitava personali ohutuse. Algprojektis on automaatika-juhtimiskilbis mitu sellist seadet. Need on rikkevoolukaitse, elektromagnetilised kontaktorid, sagedusmuundurid (kaitsevad mootorit) ning toiteplokkides on olemas sulavkaitsed.

**Rikkevoolukaitselüliti (RVK)** on kaitseseade, mis on ette nähtud elektriahela välja lülitamiseks juhul kui võrgust tarbija poole kulgevate ja sealt tagasitulevate voolude vektorsumma erinevus muutub RVK rakendumisvoolust suuremaks. Rikkevoolukaitselüliti (ja rikkevoolureleed) on mõeldud inimeste, loomade ja esemete ning hoonete kaitseks kokkupuute eest ohtliku pingega. Rikkevoolukaitselüliti reageerib rikkevoolule maa suhtes. Enimalt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitse on lubatud ainult põhikaitse lisakaitseks. See on põhjendatud, sest ampritesse ulatuvate suurusjärgudega voolud võivad olla ohtlikud ka rikkevoolukaitse talitlusajal juhul kui vooluimpulss tekib südame tundlikul talitlushetkel. [14][24] Projektis on kasutatud rikkevoolukaitset JUNXELE, selle põhikarakteristikud on  $I_{\Delta n}$  30 mA,  $I_n$  63 A,  $U_n$  415 V. Põhimõttelt kaitseb see elektrilöögi eest inimesi, mitte seadmeid.

**Mootorite kaitse rolli mängivad sagedusmuundurid** Omron 3G3MX2-A4004. Sagedusmuunduri kasutamisel asendab see praktiliselt kogu mootori toitesüsteemi, sest kontaktorit ja termoreleed pole tingimata vaja. Mootor käivitatakse ja seisatakse sagedusmuunduri juhtimisahelas oleva rele abil vastava käivitussignaali. Signaali allikaks võib olla lüliti või näiteks programmeeritava kontrolleri aktiivne binaarsignaali (24 VDC). [16] Need võivad kaitsta mootorit võimalike maandusvigade, mootori ülepinge, ülekoormusvoolu, võimaliku madalpinge eest. Samuti teostavad need väljundahela faaside juhtimist ja toiteahela faaside juhtimist. Need töötavad mootori suhtes mootori ülekoormuse kaitseks. Teise suure plussina vähendavad sagedusmuundurid

märkimisväärselt elektrimootorite, aga ka muude liikuvate elementide, energiatarbimist ja kulumist.

**Toiteplokkide konstruktsiooni on ehitatud sulavkaitse** ülekoormuse eest. S8VK-C Omron toiteplokkis on 6,3 A sulavkaitse ning UNO-PS/1 AC/24 DC toiteplokkis on 2,5 A sulavkaitse. Mõlemad on sisesed, mis raskendab nende kiiret vahetust. Sulavkaitse on traditsiooniline liigkoormuskaitse. Sulavkaitsmete hulgas on nii üldiseks kasutamiseks ette nähtud sulavkaitsmeid, kus sulavkaitse toimib nii liigkoormus- kui ka lühisekaitsena, kui ka sulavkaitsmeid, mille kasutuseesmärgiks on ainult lühisekaitsena toimimine. [14]

## 2.4 Olemasolev kaabeldus

Automaatika-juhtimiskilbis on kasutatud TN-S-süsteemi, milles kogu süsteemi ulatuses kasutatakse eraldatud neutraal- ja kaitsejuhti (kasutatakse omaette kaitsejuhti - Eesti standarditõlkes). TN-süsteemi üks punkt on ühendatud vahetult maaga ja elektripaigaldise pingealtid juhtivad osad on ühendatud selle punktiga kaitsejuhi kaudu. [14]

Installatsioonikaablid peavad vastama EVS 720 nõuetele. Paigaldatavad kaablid peavad olema halogeenivabad ja tuletundlikkus peab vastama standardile EN 60332. [25][26]

Samuti on koostatud kaablipäevik, kus on märgistatud kaabli tüüp, selle alguspunkt, lõpp-punkt ning mille jaoks seda kasutatakse. Kaablipäevik on esitatud Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kaablipäevik

Tähis	Kaabli tüüp	Algus	Lõpp	Märkused
Toide	OPVC-JZ 4 G 2,5 mm <sup>2</sup>	elektrikilp JK-8	automaatika-juhtimiskilp +AJK1	
Valgustus	CU 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	katus	katuse valgustus
Fotoandur	CU 2 x 0,75 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	katus	fotoandur katusel
Pult	ELITRONIC LIYY 16 x 0,5 mm <sup>2</sup>	pult	automaatika-juhtimiskilp +AJK1	ühendamata
Kooder 1	TURCK RKS4T-5-RSS4T/TXL	kilbiruum	katus	kooder (ühendamata)
Kooder 2	Helukabel Tronic-CY (LIY-CY) 4 x 0,14 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	katus	kooder (ühendamata)
Kaamera	Outdoor FTP CAT 5E	kilbiruum	katus	kaamera (ühendamata)

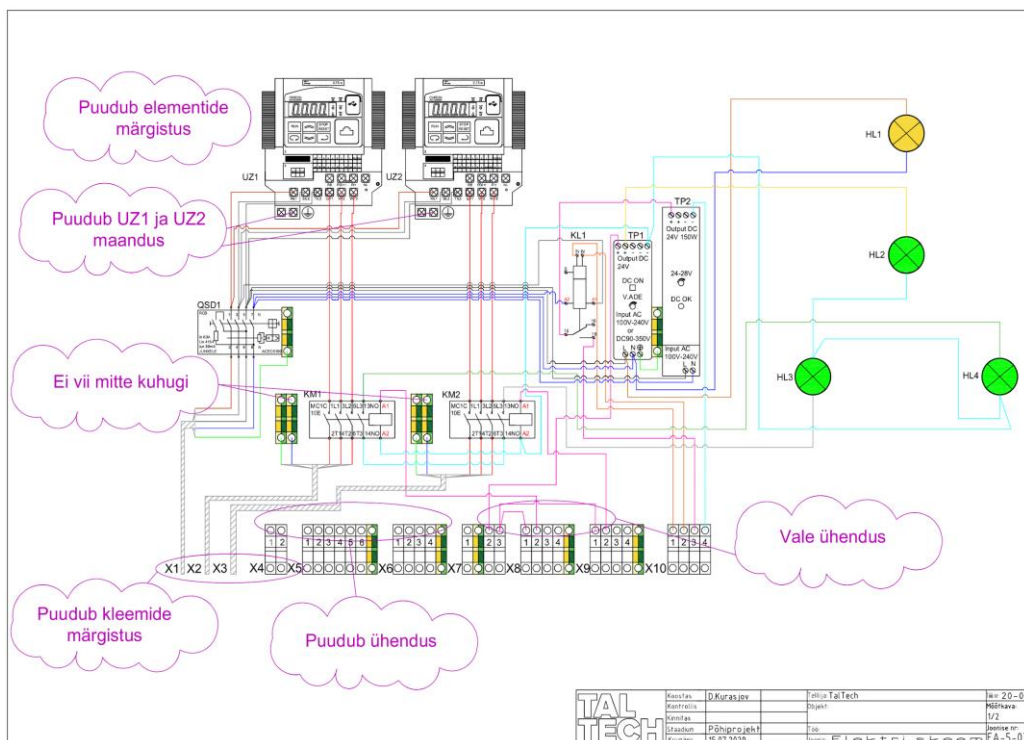


Tabel 2.4 järg

Mootor	LAPP kaabel STUTTART ÖLLEX CLASSIC 115 CY 4 G 2,5 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	katus	AZ(asimutaalne suund)
Mootor	LAPP kaabel STUTTART ÖLLEX CLASSIC 115 CY 4 G 2,5 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	katus	EL (elevatsiooni suund)
Vilkuriga sireen	SABIX D315 FRNC 3 x 1,5 mm <sup>2</sup> - Control Cable (SAB)	kilbiruum	katus	sireen (ühendamata)
Hädastopp nupp	SABIX D315 FRNC 3 x 1,5 mm <sup>2</sup> - Control Cable (SAB)	kilbiruum	katus	hädastopp nupp (ühendamata)
Piirlülitite juhtimine	LAPP kaabel STUTTART ÖLLEX CLASSIC 115 CY 4 G 1,5 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	jaotuskarp +JK0.1	piirlülitite juhtimine (ühendamata)
Piirlülitite juhtimine	Helukabel Tronic-CY (LIY-CY) 4 x 0,14 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	jaotuskarp J+K0.1	piirlülitite juhtimine (ühendamata)
Piirlülitite juhtimine	5 G 1,5 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	jaotuskarp +JK0.2	piirlülitite juhtimine (ühendamata), puudub kaabli mark, märkus ALT
Piirlülitite juhtimine	LAPP kaabel STUTTART UNITRONIC LIYCY (TP) 3 x 2 x 0,25 mm <sup>2</sup>	kilbiruum	jaotuskarp +JK0.2	piirlüliti ühendamata
	Arcocavi Group AWM Style YW-1-AWM 5 G 1,5 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.1	piirlüliti	
	Arcocavi Group AWM Style YW-1-AWM 5 G 1,5 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.1	piirlüliti	
	Arcocavi Group AWM Style YW-1-AWM 5 G 1,5 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.1	piirlüliti	
	Öflex 110 Standart 5 G 0,75 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.1	piirlüliti	
	Öflex 110 Standart 5 G 0,75 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.2	piirlüliti	
	Öflex 110 Standart 5 G 0,75 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.2	piirlüliti	
	Öflex 110 Standart 5 G 0,75 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.2	piirlüliti	
	Öflex 110 Standart 5 G 0,75 mm <sup>2</sup>	jaotus-karp +JK0.2	piirlüliti	

### 3. ELEKTRIPAIGALDISE ÜMBEREHITAMISE JA/VÕI TÄIUSTAMISE VAJADUS KOOS PÕHJENDUSTEGA

Peale objekti ülevaastust tekkis arusaam, et elektripaigaldisele on vajalik osaline ümberehitus ja täiustamine, kuna mõnedes kohtades ei vastanud elektripaigaldised kehtivatele nõuetele ning mõnedes kohtades ei täitnud õigesti enda töörolli. Automaatika-juhtimiskilp oli kokku pandud vaid osaliselt. Osa skeemidest puudus, olemasolevad skeemid olid ebatäpsed. Said koostatud uued skeemid, mis selgitasid käesolevat olukorda. Üks näidisskeem on kajastatud Joonis 3.1.



Joonis 3.1 Olukorra hindamiseks koostatud skeemi näidis

#### 3.1 Avastatud märkused

**Jaotuskilp (JK-8)** ei vasta enda vanuse tõttu kaasaegsetele nõuetele, aga kuna projektis kasutatakse ainult selle kilbi ühte lülitusgrupp, ei kuulu jaotuskilp täielikult uuritava objekti alla. Kilp ei olnud varustatud lukuga, puudub kolmepooluseline koormuslülit. Grupi kaitsmetena kasutatavate automaatkaitselülite vanus on 37 aastat, on olemas märgistus 1983. aasta. Joonis 3.2 on toodud jaotuskilbi (JK-8) osa, automaatkaitselüliti A3163.

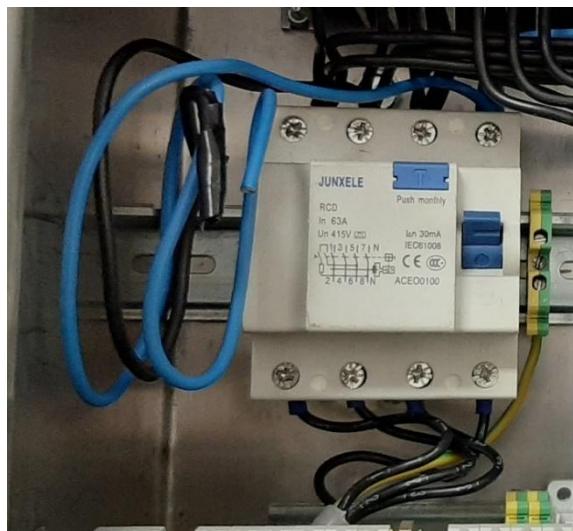


Joonis 3.2 Automaatkaitseüliti A3163.

**Automaatika-juhtimiskilbis (+AJK1)** tehti mitu tähelepanekut.

**Toitekaabli juhtmed** peavad olema kindla värvimärgistusega. Neutraaljuht või keskjuht on kogu ulatuses ära tuntav sinise värvuse alusel. Kaitsejuht on äratuntav kahe värvi, kollase ja roheline kombinatsiooni alusel ning seda kollarohelist värvikombinatsiooni ei ole lubatud kasutada ühekski muuks otstarbeks. Juhtmete paigaldamisel vaja jälgida, et kogu paigaldise piires peavad eri faaside värvid olema samad: pruun, must, hall, N- sinine, PE- kollaroheline. [14][25][27]

**Neutraaljuht** on kogu pikkuses äratuntav sinisest tähistusest. Numbriga tähistatud soon, mida kasutatakse kaitsejuhina või neutraaljuhina, peab igas ühenduskohas olema varustatud vastavalt kollarohelise või sinise lisatähistusega. Joonis 3.3 on nähtav, et toitekaabliks on kasutatud numeratsiooni omavat juhet, aga neutraaljuht on korrektselt märgistamata.



Joonis 3.3 Toitekaabli vale märgistus kilbis

Elektrikilbis peab iga siseneva ja väljuva liini kaitsejuhil ja neutraaljuhil olema eraldi klemm. Liinide äratundmise kergendamiseks soovitatakse ka kaitse- ja neutraaljuhid varustada tähistustega, näiteks gruppitähistusega, kui nad ei ole oma paiknemise tõttu kergesti äratuntavad. [14]

Kõigi kolme faasi jaoks on kasutatud musta värvi juhetaid, millel samuti puudub igasugune märgistus.

**Maandus.** Kõik kilbi juhtivad osad ja metallkorpus peavad olema maandatud [28]. Elektriseadme elektrit juhtiv osa on selline, mida saab puudutada ja mis on tavaliselt pingevaba, kuid mis võib põhiisolatsiooni rikke tõttu sattuda pingele alla. Pingealdis osa on näiteks elektriseadme metallkere. Üldiselt ühendatakse pingele juhtivad osad kaitsejuhi abil ehitise maandussüsteemiga. [14] Peale ülevaatuset avastati, et kilbi üks on maandamata, samuti puudub maandus sagedusmuunduritel ja üks toiteplokk on maandamata (teisel puudus selline vajadus).

Maandusjuht, mis moodustab paigaldise, süsteemi või seadme teatud osa ja maa vahele juhtiva ühenduse või on osa sellest ühendusest. Ehitiste elektripaigaldistes on selleks teatud punktiks tavaliselt maanduslatt või -klemm ning maandusjuhi abil ühendatakse see punkt maanduselektroodi või maanduselektroodide süsteemi ehk maanduriga. [14] Kilbis puudub ühtne maanduskoht, erinevate välisseadmete (piirilülid, pult, vilkuriga sireen) maandused on eraldi kohtades ja ühendatud kilbi korpuse abil.

**Puudulik kaitseseadmete valik.** Inimene, koduloom ja vara on küllaldaselt kaitstud peale elektrilöögiohu ka muude ohtude eest [28]. Nagu mainitud alapeatükis 2.3, on automaatika-juhtimiskilbis +AJK1 olemas ainult rikkevoolukaitselüliti, millest ei piisa kõikide võimalike ohtude eest kaitsmiseks. Samuti ei kaitse see kilbi seadmeid lühise või ülekoormuse eest. Lisaks võib mainida, et ohutuks kilbi teenindamiseks või lisatööde ajaks peab olema võimalus kilbi toide välja lülitamiseks.

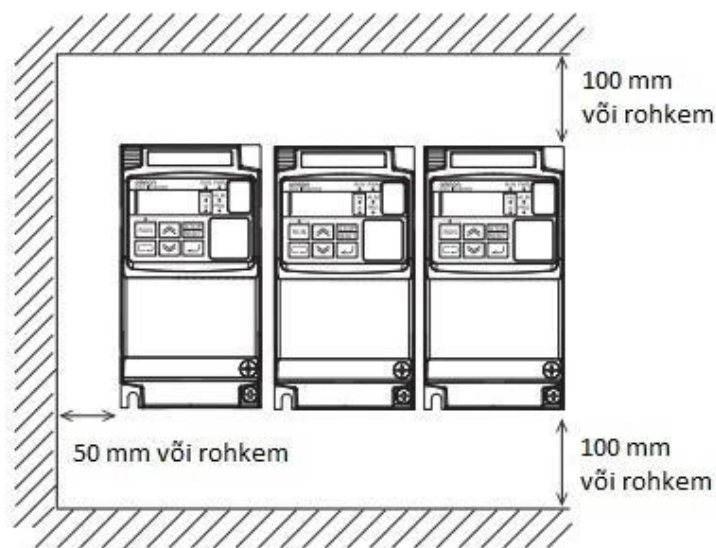
Nende punktide juurde võib lisada et, DIN-liistude all jätkatud kaabel võib põhjustada lühiseid ja lekkeid. Selle tulemusena põleks kas isolatsioon või seadmed ise. Kilbi alt poolt on kasutatud DIN liistusid kahes reas, mis võib põhjustada ülalmainitud rikked.

**Seadmete vale paigaldus.** „Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord“ määruses on

toodud punkt, et ei tohi tekkida situatsiooni, mis võib tekitada ohtlikku temperatuuri, elektrikaart ega kiirgust [28].

Sagedusmuunduri Omron 3G3MX2-A4004 kasutusjuhendis on määratud minimaalne kaugus kilbiseinast 50 mm muunduri küljest ning ülevalt ja altpoolt 100 mm. Tegelikult on ülevalt ja külgedel see kaugus vähem kui 30 mm, ning altpoolt osaliselt vähem kui 50 mm. Samuti komfortse jahutusõhu liikumiseks on toiteplokkile UNO-PS/1 AC/24 DC/150 W vajalik kaugust teistest seadmetest 30 mm ülevalt ja altpoolt. [19][29] Joonis 3.4 on sagedusmuunduri juhendist võetud paigaldusnõue.

Seadme vale paigaldus võib rikkuda tema tööks nõutud temperatuuri, mis toob kaasa seadme kiire kulumise või riknemise.

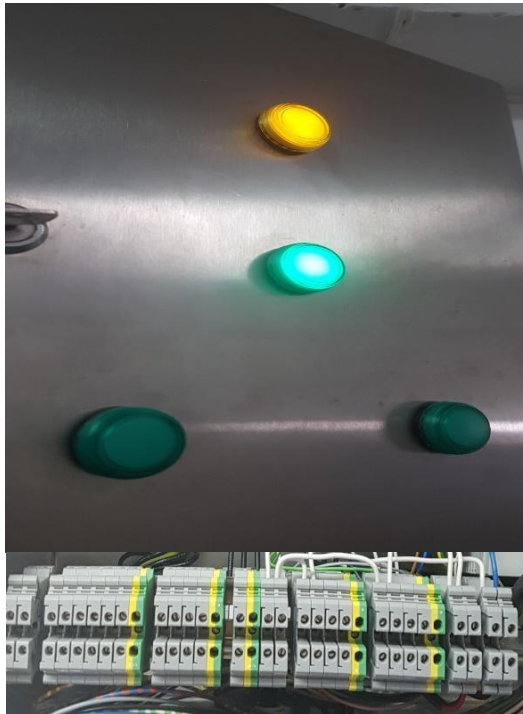


Joonis 3.4 Kasutusjuhendi järgi nõutud piikused sagedusmuunduri paigaldamiseks [19]

Vastavalt EVS-EN 61439-3:2012 Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: jaotuskilpides, mida tohivad käsitada tavaisikud, peavad jääma reservkohad lisaseadmeteks ja õhu liikumiseks [30].

**Puudub kilbi dokumentatsioon.** Kilpides peavad olema tegelikule olukorrale vastavad skeemid [27][31]. Väljatrükitud skeemid puudusid. Digitaalformaadis skeemid olid puudulikud, ebatäpsed, või puudusid üldse. Kõik olemasolevad skeemid on esitatud lõputöö lõpus (vt Lisa 1.1 ja Lisa 1.2). Skeemidel puudus õige märgistus, puudusid mõned elemendid ja ühendused.

**Markeering.** Elektrikilbil puudub täielikult märgistus. Ilma märgistamiseta ei saa elektrikilpi valmistoodanguks pidada. See on ebamugav ja elektriseadmete puhul äärmiselt ohtlik. Kõik seadmed ja juhtmed peavad olema tähistatud vastavalt skeemile. Nagu eespool mainitud, puuduvad antud juhul õiged skeemid ja samuti seadmete, juhtmete, klemmide tähistus. Joonis 3.5 on toodud näidised automaatika-juhtimiskilbis +AJK1 olevatest klemmliistudest ja ukse pildid. Uksel on olemas signaalvalgustus, aga kuna see on märgistamata, on arusaamatu, milline signaal mida tähendab. Samuti on klemmide tähistamine tähtis kõikide kilpide jaoks, aga kuna tegemist on juhtimiskilbiga, on klemmide märgistus eriti tähtis juhtmete õigeks paigaldamiseks ning rikke korral kiireks vigade otsimiseks. Veel üks pluss markeeritud klemmidel on see, et need lihtsustavad tulevikus hooldus- või ümberpaigaldamise töid.



Joonis 3.5 Automaatika-juhtimiskilbis +AJK1 olevad klemmid ja uks

Eelmisest punktist tuleneb ka järgmine märkus: kuna klemmidel puudus märgistus, olid arvatavasti kokkupanemise ajal tehtud ühendamise vead. Osa signalidest ei vii mitte kuhugi, on ka signaali katkestusi. Osad juhtmed on üldse ühendamata.

**Hädastopp nupp.** Puudub võimalus peatada mootoreid kilbi juures, hädastopp nupp asub vaid katusel.

**Sagedusmuundur.** Siin on mitu märkust. Esimesena võib mainida, et mootori pöörlemissuunda saab kergesti kontaktoriteta sagedusmuunduri juhtimisega muuta. Soovi korral saab ka kontaktorit jätkuvalt kasutada koos sagedusmuunduriga, kuid üldiselt pole soovitatav, et sagedusmuunduri ees olevat kontaktorit kasutatakse mootori käivitamiseks ja seiskamiseks. Sagedusmuunduris on püsivate omadustega mootori elektroonne termorelee, mis asendab eraldiasuvat mehaanilist termoreleed [16]. Teiseks peavad sagedusmuundurid võimsusest lähtuvalt olema varustatud kõrgemate harmooniliste filtriga ja pidurdustakistiga [21].

Praegusel hetkel ei kasutata sagedusmuunduri eeliseid täismahus. Ei kasutata dünaamilist pidurdust, kuna praeguses süsteemis hädastopp nupu vajutamisel kontaktor lihtsalt vabastab mootori kontaktid. Sagedusmuundurit võib kasutada ka pidurina, kui selleks on olemas eespool nimetatud pidurdusfunktsioon. Muunduril on ka tõhus alalisvoolupidurduse funktsioon, mis võimaldab mootorit kiiresti peatada, kuid selle pidev ja intensiivne kasutamine võib mootorit liigselt kuumutada. Pidurdustakisti eelis on just see, et see ei koorma pidevalt mootorit, vaid kuumeneb ainult pidurdustakisti. [16]

Sagedusmuundur võimaldab mootori lihtsat juhtimist mitmesuguste rakenduste puhul ning ajami peatamine võib vastavalt olukorrale toimuda optimaalselt, kasutades nii pidurdusfunktsiooni kui ka mehaanilise piduri juhtimist.

**Pult.** Puudus võimalus ümber lülitada automaat- või käsitsirežiimi. Sellepärast on puldi nupud kogu aeg töös, mis võib tekitada mittesoovitava olukorra nende kogemata vajutamisel. Samuti puudub igasugune kaitse selle müra vältimiseks.

**Jaotuskarbid** +JK0.1 ja +JK0.2. Harukarbid asuvad katuse peal paraboolantenni korpuse sees. Märkused on samasugused nagu ülaltoodud punktides: puudub karbi märgistus, puudub klemmide märgistus. Harukarbid tähistada vastava süsteemi numbri ja –nimetusega [21]. Lisaks sellele on karbi sees juhtmaanduse värve (kollaroheline) kasutatud teistel eesmärkidel. Kaitsejuht on kogu pikkuses äratuntav kahevärvilisest kollarohelisest tähistusest ning sellist värvikombinatsiooni ei tohi kasutada mingil muul eesmärgil [14].

**Kaablid katusel.** Kõigil välitingimustes kasutatud kaablitel peab olema kas UV-kiirguse kaitseklass või nad peavad olema kaitstud muul viisil, näiteks pandud PVC karbikusse või toru sisse. Joonis 3.6

on nähtav, et kõik kaablid, mis allkorruselt liiguvad katusele, langevad päikese UV-kiirguse mõju alla. Samuti peavad välitingimustes kaablid olema AXPK tüüpi [21].



Joonis 3.6 Välitingimustes kasutatud kaablid

Elektriseadme isolatsioon peab vastama selle eeldatavatele talitusoludele [28]. Nagu nähtav Joonis 3.7, on osa juhtmete ja kaablite isolatsioonist rikutud. See võib viia lühiseni, valesignaalide andmiseni (vasakpoolne joonis) või edasise isolatsiooni rikkumiseni (parempoolne joonis).



Joonis 3.7 Rikutud isolatsioon

Paraboolantenni korpuse sees asuv kaabeldus ei ole fikseeritud ja liigub koos liikuvate osadega, mis viib selle kiire kulumiseni või rikkumiseni. Joonis 3.8 on näidatud paraboolantenni korpuse sisesed kaablid.





Joonis 3.8 Parabolantenni korpuse sisesed kaablid

Tiguülekandegaga mootorite juures on kõrvalisi esemeid, mis puudutavad liikuvaid osasid, mis võivad takistada parabolantenni tööd. Joonis 3.9 on toodud tiguülekandegaga mootorite osa koos kõrvaliste esemetega.



Joonis 3.9 Tiguülekandegaga mootorite osa koos kõrvaliste esemetega

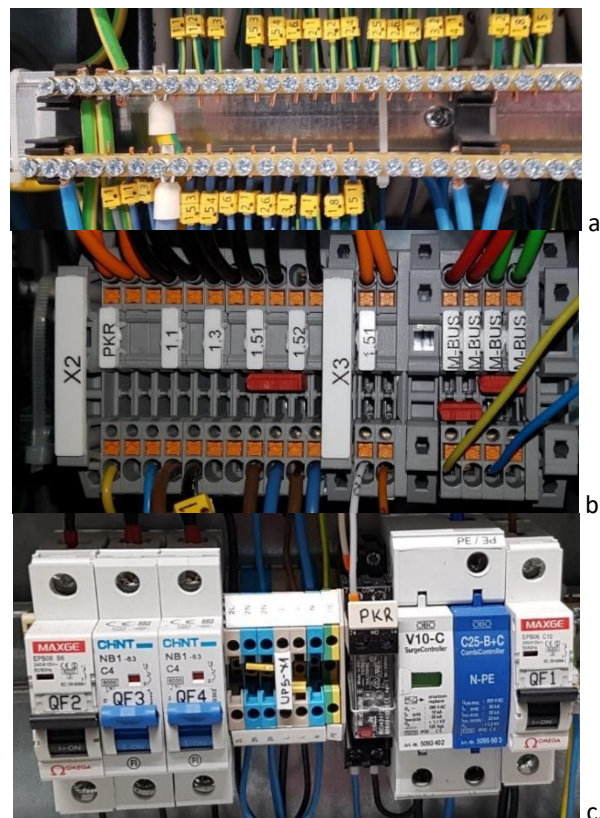
## 3.2 Ümberehituse vajadus

Siin peatükis tuuakse välja soovitusel eeltoodud märkuste kõrvaldamiseks ja automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 ümberehitamiseks.

Alapeatükis 3.1 avastati, et sagedusmuundurid on paigaldatud mittenoitavale kaugusele kilbi seinast. Sama probleem kehtib toiteploki kohta. Lisaks peavad kilbis jääma reservkohad

lisaseadmeteks ja õhu liikumiseks. Soovitatakse valida suuremate mõõtmetega kilp, mille pinnaosad on kaetud pulbervärviga antistaatiliste omaduste saavutamiseks.

Tuleks markeerida seadmed, klemmid, juhtmed. Lisada ukse signaalvalgusele märgistus, mida need signaalid tähendavad. Markeering aitab paigaldamisel, vigade otsimisel ja hooldusel. Markeerida kõik seadmed ning tähistada juhtmed vastavalt skeemile. Kasutada õiget värvust toite-, neutraal- ja maandus juhtmetel ja märgistada need. Joonis 3.10 on esitatud õige märgistuse ja värvide valiku näidised a) maandusjuhtmed ja neutraaljuhtmed b) klemmide märgistus c) seadmete märgistus.



Joonis 3.10 Märgistamise näidised a) juhtmed b) klemmid c) seadmed

Maandada tuleb kõik kilbi juhtivad osad ja metallkorpus, elektriseadmete elektrit juhtivad osad, mida saab puudutada ja mis on tavaliselt pingevabad, kuid mis võivad põhiisolatsiooni rikke tõttu sattuda pinge alla (maandus puudus sagedusmuunduritel, toiteplokil, kilbi ukse). Maandused koguda ühte punkti. Latt, mis on hetkel kahes reas ümber paigaldada lühiste ja elektrilekke vältimiseks.

Lisada automaatkaitselüliti kilbi sisendisse, kuna praegu on kilbis olemas ainult rikkevoolukaitse, mis kaitseb inimesi ja loomi elektrilöögi eest, kuid ei kaitse seadmeid ja juhtmeid ülekoormuse ja

lühiste eest. Samuti tuleks lisada automaatkaitseülilidid või sulavkaitsmed kaitsmaks erinevaid elektriseadmeid, mis asuvad automaatika-juhtimiskilbi sees. Kuna kõikidel seadmetel on erinevad ülekoormuse piirväärtused, võiks näiteks lisada automaatkaitseülilidid iga toiteploki jaoks. Lisada sulavkaitse stopp-süsteemi juurde, et ülekoormuse ajal sulavkaitse rakendumisel stopp vajutuks automaatselt.

Hädastopp nupp tuleks ümber paigutada. Kontaktorite asemel lisada hädastopp sagedusmuundurite töö loogikasse, kuna sagedusmuundur Omron 3G3MX2-A4004 lubab teostada regeneratiivpidurdust energia summutamisega dünaamiliselt kommuteeritud pidurdustakistil. Summutades mootori poolt pidurdustakisti kaudu tagastatud energia, saab sagedusmuundur mootorit ja koormust tõhusamalt peatada (aeglustada). [19] Regeneratiivpidurduse kasutamine on vajalik, kuna mehaanilised kaod ei ole süsteemis piisavalt suured, et mootorit vajaliku aja jooksul aeglustada.

Kui sagedusmuundur langetab koormuse kiiruse vähendamiseks väljundsagedust, muutub mootor mõneks ajaks generaatoriks. Generaatorrežiim tekib siis, kui mootori rootori kiirus ületab muunduri väljundsagedust. See nähtus võib põhjustada alalisvoolu siini pingetõusu, mis lõppkokkuvõttes võib põhjustada ülepinge. Paljudes rakendustes näitab alalisvoolu siini pingetõus üle vastuvõetava taseme, et süsteemi pidurdusvõime on ületatud. MX2 sagedusmuunduritel on sisseehitatud pidurdustakisti lülitusahel, mis suunab mootori poolt pidurdamise ajal tagastatud energia valikulisele pidurdustakistile. [19][32]

Dünaamiliselt lülitatav pidurdustakisti on generaatorrežiimis töötava mootori koormus. See muundab mootori kineetilise energia soojusenergiaks. Pidurdustakisti on komplektne seade, mis sisaldab ka kaitset ja termilise ülekoormuse releed. Soovitavalt tuleks lisada pidurdustakistid iga sagedusmuunduri jaoks kilbi korpuse välisosas.

Kui täidetakse ülaltoodud soovitusel, siis kontaktori vajadus sagedusmuunduri ja mootori vahel kaob, kuna sagedusmuundur täidab pidurduse rolli paremini kui lahutatud toitekontaktid. Kontaktorid on võimalik ümber paigutada ja lisada need enne sagedusmuundureid, lisakaitsena. Näiteks kui rikke tõttu piirilülitel kaob kontrolltoide, võib lülitada välja sagedusmuundurite toide avariisituatsioonis süsteemi sisselülitamise vältimiseks.

Võimalik on lisada kõrgemate harmooniliste filtrid. See lubab vähendada kõrgsageduslikku müra ajami ja toitejaotussüsteemi vahelises vooluringis. Häirete summutamise filter (EMC-filter) vähendab sagedusmuundurist toiteallikasse siseneva juhtiva müra taset. Soovitus tuleneb Euroopa Liidu direktiivist 2014/30/EU *Electromagnetic compability directive* (EMC) [33].

Lisada hädastopp nupp kilbi peale, mis annab võimaluse avarii- või inimestele ohtlikus situatsioonis peatada paraboolantenni mehaanilise osa liikumist kilbiruumist.

Kaaluda PLC- programmeeritava loogikakontrolleri (*programmable logic controller*) kasutamist, sest see laiendaks süsteemi juhtimise, kontrolli ja andmevahetuse võimalusi. Näiteks saaks osa anduritest lisada otse PLC-le. Samuti võib PLC toimida lülina operaatoriarvuti, pöördkooderite ja sagedusmuundurite vahel. Kaasaegsed PLC-d on piisavalt paindlikud, et käsitseda mitut tööstuslikku andmesideliidest ja protokollid.

Puldile, mis vastutab paraboolantenni juhtimise eest käsirežiimis tuleks lisada kaitselüliti või muu süsteem, mis takistab nuppude kogemata vajutamist. Samuti lisada nupp, mis lülitab ümber automaatjuhtimise/käsijuhtimine režiimid. Selle lisanupu võib lisada kas puldile või kilbi korpusele.

Tuleb koostada korrektne kilbi dokumentatsioon. Täita ja korrigeerida olemas olevad skeemid, lisada skeemid, mis puuduvad. Koostada projekti seletuskiri ning kasutusjuhend. Trükkida välja vajalikud skeemid ning paigutada need kilbi sees või kilbi juures nähtavale kohale.

Kaitsta kaablid katusel UV-kiirguse eest. Paigutada need PVC karbi või toru sisse. Ultraviolettkiirgus (UV) toimib järk-järgult, see viib isoleerkihi seisundi halvenemiseni. Päikesevalguse mõjul toimub pinnakihi kiirenenud vananemine. Selle tulemusena muudab isolatsioon oma omadusi. Sõltuvalt materjalist võib isolatsioon mehaanilise pinge all lõheneda ja mureneda, võib muuta värvi või muutuda kleepuvaks ja kaotada isoleerivad omadused. Alguses toimuvad need muutused ainult pinnakihis. Sõltuvalt valguse intensiivsusest muudab ultraviolettkiirgus isolatsiooni füüsikalisi ja keemilisi omadusi. Ilmuvad praod ja elektrilekked, mille tulemuseks on purunemine. [34]

Asendada rikutud isolatsiooniga juhtmed ja kaablid, vea või suurema rikke vältimiseks. Nagu mainitud, mõnedes kohtades on maandusvärvidega juhett (kollaroheline) kasutatud teistel eesmärkidel, mis ei ole lubatud. Need juhtmed tuleb vaja vahetada. Kui puudub võimalus juhtmeid vahetada, siis tuleb lisada selgitav märgistus. Üldjuhul on vaja märgistada kõik seadmed, klemmid,

juhtmed, harukarbid, mis asuvad katusel, samuti nagu see peab olema tehtud automaatika-juhtimiskilbis ning selle seadmetega jne.

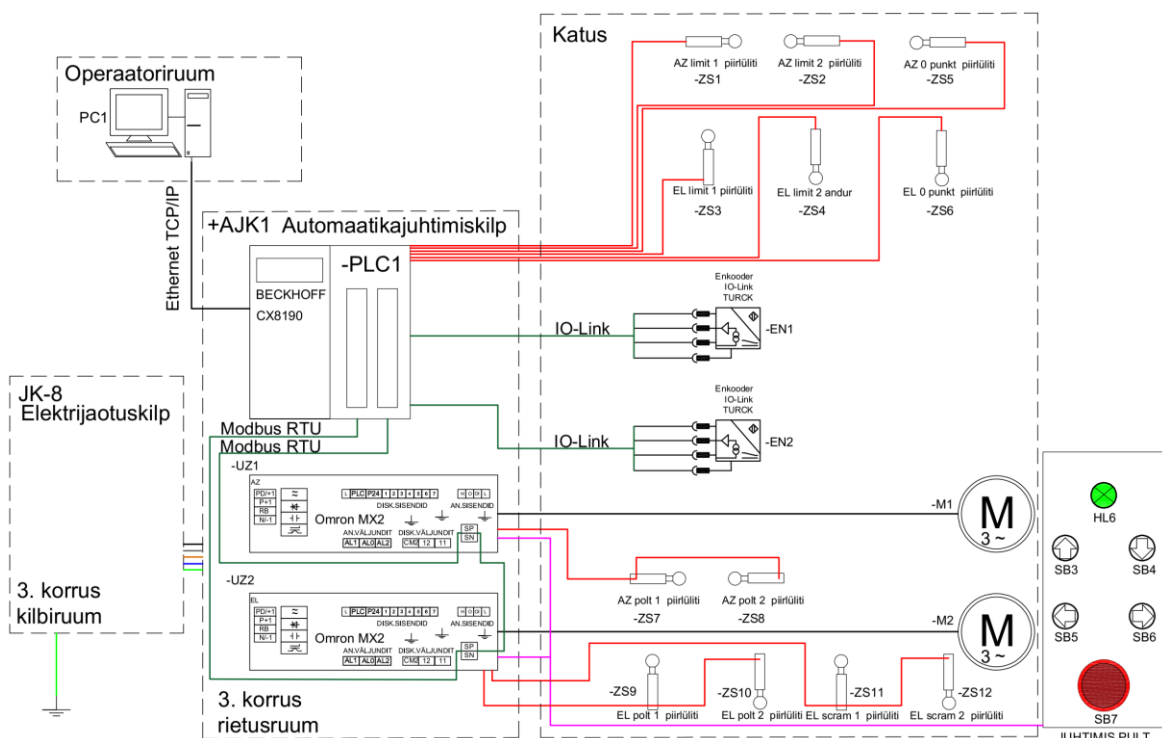
Kinnitada parabolantenni torni sees olevad kaablid, et neid ei väänataks parabolantenni liikumise ajal. Mootoriosal kinnitada või võtta ära kõik esemed, mis võivad puutuda kokku või häirida liikuvaid osasid.

## 4. LÕPLIKU ELEKTRIPAIGALDISE PROJEKTI KIRJELDUS

Projekti kilbi monteerimine toimub vastavalt individuaalskeemidele ja kliendi soovitudele. Sellisel juhul töötatakse kõigepealt välja disainfunktsioonid ja kilbi sisu, võttes arvesse objekti parameetreid ja kliendi soove. Alles siis on võimalik alustada tootmisprotsessi. Siin peatükis vaadatakse üle kliendi soovidest ja standarditest lähtudes koostatud tööprojekt. Uus struktuurskeemi loogika, uute seadmete spetsifikatsioonid. Lõpus on toodud üldised soovitud kilbi kokkupanemiseks.

### 4.1 Uue struktuuri loogika

Suurem osa soovitudest ja ettepanekutest, mis on välja toodud alapeatükis 3.2, on aktsepteeritud tellija poolt. Lisaks avaldas tellija ise soovi mõneks muudatuseks. Uuritava objekti uut tööpõhimõtet kirjeldatakse allpool. Joonis 4.1 Struktuurskeemon näidatud uus struktuurskeem.



Joonis 4.1 Struktuurskeem

Spetsiaal-tarkvara otsib satelliidi asukohta. Satelliidi leidmisel saab operaator tema koordinaadid ning edastab, peaarvuti abil, koordinaadid ja käsklused edasi *Ethernet*-i abil PLC-sse. PLC vastutab käskluste edastamise eest sagedusmuunduritele. Selleks kasutab see Modbus RTU protokollit, mis

sobib hästi sagedusmuunduri Omron 3G3MX2-A4004 andmevahetuseks. Samuti kontrollib PLC paraboolantenni asukohta kahes dimensioonis. Selleks kasutab PLC kaks nullkoha andurit (asimuut ja elevatsioon), neli piirlülitit (asimuut ja elevatsioon) ja kaks absoluutkooderit (asimuut ja elevatsioon). Kooderite suhtlemiseks on PLC-l lisamoodul, millele saab lisada neli seadet, mis suhtlevad IO-Link protokolliga abil. Edasi liiguvad signaalid sagedusmuunduritesse, mis otsustavad, kas mootorid võivad töötada ja kas paraboolantenn võib liikuda või mitte.

Valitud PLC peab suhtlema sagedusmuunduritega, pöördkooderitega ja operaatori arvutiga. Olemasolevad sagedusmuundurid suhtlevad Modbus RTU protokolliga abil. Pöördkooderid suhtlevad IO-Link protokolliga abil. Operaatori arvuti ja PLC suhtlevad *Ethernet*-i kaudu.

*Modbus* on sideprotokoll, mis põhineb ülema-alluva arhitektuuril. Kasutab andmevahetuseks RS-485, RS-422, RS-232 liideseid samuti *Ethernet* TCP/IP võrke (*Modbus* TCP protokoll). *Modbus* RTU teade koosneb Alluva ID-aadressist, funktsioonikoodist, erianndmetest sõltuvalt kontrollsumma funktsioonikoodist ja CRC-st. [35] Täpne seadistamise juhend on olemas sagedusmuunduri Omron 3G3MX2-A4004 juhendis.

IO-link on tööstuslik protokoll, mis on mõeldud diskreetsete andurite, näiteks piirianduri või ajami, intellektuaalseks suhtlemiseks. See on standardiseeritud rahvusvahelise standardi IEC 61131-9 raames. [36]

Lisatud hädastopp nupp kilbi peale. Nüüd on kaks hädastopp nuppu jadaühendusega ja hädastopp nupp on ühendatud sagedusmuunduritega. MX2 seeria sagedusmuunduritel on sisseehitatud piduriseadmed (pidurivõtmed). Pidurdusmomenti saab tekitada välitakistite ühendamise teel. Vajaliku pidurdusmomenti suurus sõltub konkreetsest rakendusest. Kiire pidurdamise saavutamiseks on lisatud kaks piduritakistit. Suurema pidurdamise saavutamiseks kasutatakse väliseid piduriseadmeid (suurema võimsusega eraldi pidurivõti).

Samuti on lisatud võtmega pöördnupp (automaat/käsitsi režiim), mis annab käsu PLC-le õige töörežiimi valimiseks. Puldile on lisatud kaitsenupp, mis on teiste puldi nuppudega koostöös. Teised nupud ei tööta kuni ei ole vajutatud lisanuppu.

## 4.2 Koostatud projekt

Kõik joonised ja skeemid on koostatud CAD tarkvara abil. CAD on arvuti abil toodete, hoonete, masinate ja seadmete kujundamine. Täpsemalt on kasutatud AutoCAD Electrical 2019. Algprojekti olemasolevad skeemid on koostatud Altium Designer tarkvara abil.

Projekteerimisel on tähtis aluseks võtta ja järgida tehnilisi ja projekteerimisnorme, standardeid ning muid juhendmaterjale. Riigis kehtivate seaduste ja õigusaktide järgimine on kohustuslik. See annab kindluse tellijale ning tõstab projekteerija usaldusväärsust, samuti võimaldab see põhjendada valitud tehnoloogiat ja seadmed. Lõppeesmärk on koostada kvaliteetsete ja optimaalsete lahendustega projekt.

Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr. 67, „Nõuded ehitusprojektile“, ütleb, et tööprojekti joonised peavad olema koostatud nii, et neid oleks ehitusplatsil võimalikult mugav kasutada ehitustööde läbiviimise alusmaterjalina. Tööprojekti sisaldub tehniline informatsioon ja ehitise kvaliteedi kirjeldus mahus, mis võimaldab täpsustada ehitismaksumust, teostada ehitustöid ning monteerida ja seadistada seadmeid. Kui ehitise osadele või ehitises kasutatavatele ehitustoodete hooldusele on erinõuded, kajastatakse hooldusjuhend tööprojekti seletuskirjas. [37]

Tööprojekti tehakse lõplik ehitustoodete valik, esitatakse valitud seadmete ja ehitustoodete mark ja tootjafirma ja ning antakse vajadusel juhised nende seadistamiseks. Valitud ehitustooted ja seadmed ning nende paigaldust ja seadistamist kirjeldatakse joonistel, tabelites või toodete loeteludes. Juhul kui lõplikku sõlmede lahendust ei ole võimalik lähteandmete ebapiisavuse tõttu esitada, esitatakse sõlmede eeldatav tehniline lahendus koos viitega, milliseid näitajaid ja kelle poolt tuleb täpsustada ehitustööde käigus pärast sõlme avamist ja enne ehitustöödega jätkamist. [37]

Elektripaigaldusjooniste koostamisel järgitakse tehniliste jooniste üldisi juhiseid ja reegleid alati kui võimalik. Tavaliselt lepivad tellija ja tarnija täpselt kokku tarnitava objekti dokumenteerimises, muuhulgas ka selles, kas dokumendid esitatakse paberkandjal, elektroonselt või mõlemal kujul. [38]

Elektripaigaldiste joonistel kujutatakse piisava täpsusega kõiki neid andmeid, mis on vajalikud konkreetse ülesande, tegevuse või töö teostamisel, mille kohta joonis koostatakse, mis lihtsustab elektripaigaldiste kokkupanemist ja tuleviku eksploatatsiooni ning hooldust. Projekti sisu ja



koosseisu käsitlevad nõuded peavad olema esitatud kehtivates õigusaktides ja asjakohastes standardites ning vastama klientide nõutele.

Projekti digitaalsete dokumentide (jooniste, teksti-, andmetöötlus-, pildi- jt failid) vormistus peab tagama projektdokumentatsioonist hea arusaadavuse. Faili maht, formaat ja resolutsioon (punktihedus) peab olema optimaalne, failid peavad olema puhastatud liigsest infost. Projekti tiitellehe, teksti, tabelarvutuse ja jooniste failid, esitatakse sõltumatus PDF-formaadis, mis võimaldab dokumendi ühesuguse esituse erineva riist- ja tarkvaralise konfiguratsiooniga arvutites. [39]

Projekti raames koostati seletuskiri, dokumentide nimekiri, projekti skeemid ja joonised (struktuurskeem, elektriskeem, monteerimisskeem jne) ja juhtmete ühendamise tabel.

Seletuskiri sisaldab kaks osa alusdokumente ja automaatika-juhtimiskilbi juhendit. Alusdokumentide osas on kaks alapeatüki: lähteandmed ja normdokumendid. Automaatika-juhtimiskilbi juhendi osas on kirjeldatud automaatika-juhtimiskilbi seadmeid, tööpõhimõtet, infosüsteemi (valgussignaali) funktsioone, sisend- ning väljundahelaid ja kilbi paigaldamist. Seletuskiri ja dokumentide nimekiri on esitatud lisades (vt Lisa 8 ja Lisa 9). Seadmete ja juhtmete ühendamise tabel on esitatud lisades (vt Lisa 7.1 – Lisa 7.3).

Koostatud skeemide nimekiri:

- Tööprojekt (vt Lisa 2.1 - Lisa 2.14)
  - Tiitelleht (2007\_TP\_EA-05-01\_Tiitel);
  - Jooniste lugemise legend (2007\_TP\_EA-05-02\_Joon\_lug);
  - Selgitavad tekstid (2007\_TP\_EA-05-03\_Sel\_tekst);
  - Kasutatud tingmärgid (2007\_TP\_EA-05-04\_ting);
  - Kilbi eestvaade (2007\_TP\_EA-05-05\_Eestvaade);
  - Struktuurskeem (2007\_TP\_EA-05-06\_Struktuur);
  - Toide sisestus osa (2007\_TP\_EA-05-07\_Toide);
  - PLC sisendit/väljundit/toide (2007\_TP\_EA-05-08\_PLC);
  - Esimese sagedusmuunduri sisendid/väljundid/toide (2007\_TP\_EA-05-09\_Sag\_1);
  - Teise sagedusmuunduri sisendid/väljundid/toide (2007\_TP\_EA-05-10\_Sag\_2);
  - Katusevalgustus ja maandus (2007\_TP\_EA-05-11\_Katus\_maand);
  - Monteerimisskeem (2007\_TP\_EA-05-12\_Mont\_skm);

- Klemmide sisendit/väljundit ühendused (2007\_TP\_EA-05-13\_Klm\_skm);
- Jaotuskarbi +JK0.1 ja +JK0.2 klemmide sisendit/väljundit ühendused (2007\_TP\_EA-05-14\_yhend\_kat\_skm)
- Automaatika-juhtimiskilbi sisendite elektriskeem vt Lisa 3.1 ja Lisa 3.2
  - Sisendite elektriskeem (2007\_TP\_EA-05-15\_elekskm);
  - Kilbi elektri andmed (2007\_TP\_EA-05-16\_el\_andmed);
- Üldskeem tervikuna (2007\_TP\_EA-05-13\_Yldskm) vt Lisa 4
- Projekti seadmete nimekiri vt Lisa 5.1 ja Lisa 5.2
  - Seadmete nimekiri esimene osa (2007\_TP\_EA-08-01\_Sead\_nim\_1)
  - Seadmete nimekiri teine osa (2007\_TP\_EA-08-02\_Sead\_nim\_1)

Lisaks koostatud juhtmete ühendamise tabel monteeriija töö ning edasise hoolduse või remonditööde lihtsustamiseks. Samuti lihtsustab tabel vea otsimist.

### 4.3 Automaatika-juhtimiskilbi ehitus

Nagu mainitud peatükis 4.1, on automaatika-juhtimiskilpi lisatud mitu seadet, osa seadmetest vahetatud. Uute seadmete nimekiri on toodud Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Lisatud või asendatud seadmete nimekiri

Nimetus	Kirjeldus	Kogus
Kilbi korpus	GN806030 IP66, 800 x 600 x 300 mm, IDE Electric	1 tk
Rikkevoolukaitselüliti	25 A, 30 mA, General Electric	1 tk
Moodulkaitselüliti 3P	16 A, C, 6 kA General Electric	1 tk
Moodulkaitselüliti 1P	6 A, B, 6 kA General Electric	2 tk
Moodulkaitselüliti 1P	2 A, B, 6 kA General Electric	1 tk
Sulavkaitsmed	4 A, 0,5 A	3 tk
Minikontaktor	BG09, 3P, 9 A, 4 kW, 1NC, 24 VDC, Lovato	2 tk
Toiteplokk	S8VK-G12024, 120 W, 100-240 VAC/24 VDC, Omron	2 tk
PLC	CX8190, BECKHOFF	1 tk
PLC moodul	EL1809, 16 sisendit, BECKHOFF	1 tk
PLC moodul	EL6224, 4 IO-link seadmed, BECKHOFF	1 tk
PLC moodul	EL2008, 8 väljundit, BECKHOFF	1 tk
PLC moodul	EL6021, Modbus RTU seadmed, BECKHOFF	1 tk
Pidurdustakisti	REM00K1400-IE	2 tk
Signaaltuli LPM	LED, Kollane, 230 VAC, Lovato	1 tk
Signaaltuli LPM	LED, kollane, 24 VDC, Lovato	2 tk

Tabel 4.2 järg

Signaaltuli LPM	LED, punane, 24 VDC, Lovato	1 tk
Signaaltuli LPM	LED, valge, 24 VDC, Lovato	2 tk
Signaaltuli LPM	LED, roheline, 24 VDC, Lovato	2 tk
Pöördnupp võtmega	NC+NO, Lovato	1 tk
Stopp nupp	NC+NC, Lovato	1 tk
0 asendi andur		2 tk
Nupp	NO+NO, Lovato	1 tk
Lisakomponendid	Juhtmed, klemmid, maandus ja neutraal laot	

Valitud uus kilp, mis vastab kõigile nõuetele ning võtab arvesse kõik alapeatükis 3.2 toodud ettepanekud. Kilbi ja terve süsteemi lisakaitseks on lisatud kolmefaasiline moodulkaitseülilüti C16 A, seadmete kaitseks samuti lisatud ühefaasilised moodulkaitseülilütid (iga toiteploki kaitseks on B6 A ning valgustussüsteemi kaitseks on B2 A). Samuti on asendatud rikkevoolukaitselüliti. Nüüd täidab süsteem tervikuna selektiivsuse reeglit.

PLC korjab infot pöördkooderitest, piirlülititest ja 0 asukoha anduritest ning edastab käsud Modbus RTU protokolliga liidestite abil sagedusmuunduritele. Samuti saab PLC käsud ning vahetab infot operaatori põhijaamaga *Ethernet*-i kaudu. Nupp automaat/käsirežiim samuti ühendatud PLC-ga. PLC ja lisamoodulite andmed on toodud Tabel 4.3.

Tabel 4.3 PLC CX8190 BECKHOFF, moodul EL1809, moodul EL6224 [40[41[42[43[44]

Tehnilised andmed	CX8190
Protsessor	ARM Cortex™-A9, 800 MHz (TC3: 20)
Protokollid	<i>real-time Ethernet</i> , ADS UDP, ADS TCP, EAP ( <i>EtherCAT Automation Protocol</i> )
Liidesed	1 x RJ45 10/100 Mbit/s, <i>bus interface</i>
Bus liidesed	2 x RJ45
Toide	24 VDC
Vool	2 A
Võimsus	4 W
Möödud	71 x 100 x 73 mm
Kaitseklass	IP20
	<b>EL2008</b>
spetsifikatsioon	EN 61131-2, tüüp 1/3
Väljundit	8
Toide	24 VDC
Max väljundvool	0,5 A
	<b>EL1809</b>
spetsifikatsioon	EN 61131-2, tüüp 1/3
Sisendit	16
Toide	24 VDC
0 signaal	-3...+5 V
1 signaal	11...30 V

Tabel 4.4 järg

	<b>EL6224</b>
Sisendit / väljundit	4 IO-Link
Toide	24 VDC
	<b>EL6021</b>
Liidesed	RS485/422

Esimene toiteplokk Omron S8VK-G12024 toetab PLC-d ja katusevalgustust, teine toiteplokk Omron S8VK-G12024 toetab piirlüliteid, poltlüliteid, *scram*- lüliteid, minikontaktoreid ja pöördnuppu. PLC ja toiteploki vahel on lisakaitse sulavkaitse.

Minikontaktorid on jäänud skeemi sisse tellija soovil, need on ümber paigutatud ja nüüd on nende asukoht sagedusmuundurite ja kolmefaasilise moodulkaitseüliti vahel. Need mängivad lisakaitse rolli. Kui kaob poltlülite, teiste lülite või pöördnupu toide, lahutavad minikontaktorid automaatselt elektriahelad sagedusmuundurite ja moodulkaitseüliti vahel.

Sagedusmuunduritele lisatud pidurdustakistid REM00K1400-IE pidurdusmoment 200 %, 400 Ω. Häda-stop nupud lisatud samuti otse sagedusmuunduritele, lisaks liiguvad poltlülite ja *scram*- lülite signaalid otse sagedusmuunduritele. Sagedusmuunduril MX2 on olemas seitse digitaalsisendit. Sinna on ühendatud puldi juhtimisnupud (käsirežiimi juhtimine).

Ustele on lisatud pöördnupp võtmega (NC + NO), mis lülitab ümber töörežiimid (automaat/käsitsi), samuti lisatud häda-stop nupp (NC + NC). Olemas seitse signaallampi. Kõik signaalid ja nupud märgistatud. Toide signaallamp on kollase värviga 230 VAC ja annab teada, kas kilbis on olemas üldtoide, ühendatud esimesele faasile. Signaallambid "Muundur töötab" roheline värviga ja "Muunduri viga" punase värviga on ühendatud PLC-ga. Ülejäänud signaallambid on 24 VDC LED lambid. Kollane signaallamp on "Lõpp" ühendatud PLC-ga ja annab teada kui üks või mitu lõpplülitit annavad signaali, "Polidid" on ühendatud poltlülite signaalidega ja annab teada, kas poldid on kohal või mitte. "AUT" ja "KÄSI" valged signaallambid annavad teada, millises režiimis on automaatika-juhtimiskilp +AJK1, automaat või käsi töörežiimis. Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 ukse pilt on toodud Joonis 4.2.



Joonis 4.2 Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 uk

Puldile on lisatud kaitsenupp NO+NO kontaktidega, mis töötab lisakaitsena. See on samuti tellija lisaos, et mootorite liikumiseks oleks vaja vajutada sundnuppu ja kaitsenuppu koos käsirežiimis. Samuti lisatud üks signaallamp, roheline värviga 24 VDC LED lambid, mis annab teada, et on sisse lülitatud käsirežiim ja pulti võib kasutada. Signaallamp on jadamisi signaallambiga “KÄSI” automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 ukse peal.

#### 4.4 Soovitused automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 koostamiseks

Siin tuuakse välja soovitused, mis tegelikult sobivad kõikide kilpide kokku panemiseks. Antud konkreetse juhtumi puhul on selleks automaatika-juhtimiskilp +AJK1.

Alguspunktiks võib nimetada komponentide sorteerimist. Kõigepealt on vaja määrata, millised elemendid millises montaaži etapis vajalikud on. Lisaks sorteerida kõik komponendid ja abiosad vastavalt toimingute järjekorrale. Samuti on soovitatav jaotada komponendid rühmadesse. See vähendab montaaži aega. Segaduste vältimiseks on parem komponentide pakendeid selles etapis mitte puudutada.

Teine punkt on konstruktsioonielementide kokkupanek vastavalt skeemidele. Kui konstruktsioon on kokkupandav, siis monteeritakse ainult raam ilma väliste elementideta. See on vajalik, et montaažiprotsessi ajal oleks täielik juurdepääs kõigile sisemistele komponentidele. Raamile pannakse *DIN* liistud. Lisatakse maandus ja neutraalliistud. Teostatakse kõikide toite- ja kaitsejuhtmete ning klemmide märgistamine. Kinnitusliistude suurus ja arv sõltuvad seadmete tehnilistest parameetritest, sellepärast on siin punktis vaja jälgida koostatud skeeme.

Kolmas punkt on toiteallikate ja sekundaarsete ahelate paigaldamine. Kõigepealt tehakse tööd toiteahelatega. Paigaldatakse klemmplokid ja kaablikanalid. Seejärel lisatakse kaitseseadmed: kaitseaparaadid, rikkevoolukaitse jne. Siis kinnitatakse toiteplokid. Pärast toiteploki paigaldamist on võimalik jätkata sekundaarsete vooluahelate (väikese võimsusega vooluahelate) paigaldamisega. See hõlmab ka seadmete ja näidikute paigaldamist madalpinge jaotusseadme esipaneelile või uksele. Elektrikapid sisaldavad väga erinevaid komponente ja juhtmeid. Selleks, et mitte eksida, on vaja kõik elemendid märgistada. See on teatud reeglite järgi loodud spetsiaalsete tähistete sari.

Neljandas etapis ühendatakse juhtmed. Töö käigus on oluline kontrollida kaablite pikkust, juhtide ristlõiget, eemaldamise suurust, ühenduste arvu jne. Siin tuleb kasuks koostatud seadmete ja juhtmete ühendamise tabel, mis lihtsustab ühendamist ja säästab monteerimisaega. Juhtimis-, reguleerimis-, mõõtmis- ja signalisatsioonijuhtmed tuleb paigaldada oma rühmadesse eraldi. Eri juhtmete ristumisi tuleb vältida. Juhtmed peavad samuti olema nõutud kohal märgistatud, mis lihtsustab kokkupanemise etappi.

Viimasena võib välja tuua kontrolli ja süsteemi testimist. Lõpuks peab iga kokku pandud elektripaigaldis läbima testikontrolli ja kontrollkatsed. Kõik algab juhtmestiku elementide ja seadmete kinnitamise kvaliteedi üldisest kontrollimisest. Seejärel katsetatakse elektrilist osa (isolatsioon, ahelad). Siis kontrollitakse kaitsemehhanismid, sealhulgas kaitseülilituste järjepidevus. Kõigi testide tulemuste põhjal koostatakse aruandlusdokumendid. Viimasena kontrollitakse süsteemi tervikuna.

## KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli hinnata, kas MEKTORY satelliidiprogrammi raames ehitatud automaatika-juhtimiskilp vastutab kehtivatele normidele ja standarditele. Samuti kaardistada olemasolev elektrivarustus koos seadmete, kaabelduse ja teiste alamosadega. Koostada vastavad skeemid. Hinnata olemasoleva elektripaigaldise korrektsust ja vastavust paraboolantenni opereerimise vajadustega. Tuua välja elektrivarustuse ümberehitamise ja/või täiustamise vajadus ning dokumenteerida see skemaatiliselt projektdokumentatsioonis, koos seletuskirja, vajalike arvutuste ja seadmete spetsifikatsiooniga.

Lõputöö raames koostati algseadmete loetelu, algskeemid, kasutatud kaablite kaablipäevik. Tehti revisjon, mille raames märgistati olemasoleva projekti mittevastavused kehtivatele normidele. Toodud ettepanekud, kuidas parendada kehtiva olukorda, mis seadmed vahetada, millised lisada.

Uuendati dokumentatsioon, koostati skeemid, kirjutati seletuskiri, toodi välja uute seadmete spetsifikatsioonid. Toodud juhised uue automaatika-juhtimiskilbi kokkupanemiseks. Koostatud juhtmete paiknemise ja ühenduste tabel, mis lihtsustaks uue kilbi kokkupanemist ja tulevikus hooldust.

Uue kilbi võimalused pakuvad järgmist: juhitavate seadmete automaatjuhtimine; võimalus muuta töörežiimi: käsitsi või automaatselt; tööparameetrite kohta teabe väljastamine (ekraanil kuvamine ja valguse näidikud); elektriahelate ja -seadmete kaitse (ülekoormuste, pingelanguste, lühiste jms eest); juhitavate seadmete diagnostika ja enesediagnostika; hädaolukorra signaalide edastamine hädasituatsiooni korral; teabe kaugedastamine.

Uus süsteem vastab kehtivatele standarditele, seadustele ja nõutele. Samuti täidab kõik tellija poolt püstitatud eesmärgid. Tulevikus võib lõputööd kasutada teiste automaatika-juhtimissüsteemide kontrolliks ning hindamaks nende vastavust standarditele ja kehtivatele normidele. Samuti on lõputöö baasil võimalik tutvuda soovitud soovitustega automaatikakilpide koostamise ja ehitamise kohta.

## SUMMARY

The aim of the thesis was to assess, whether the automation control panel built within the MEKTORY satellite programme complies with the applicable norms and standards. Also, map the existing power supply with equipment, cabling and other components. Make appropriate diagrams. Assess the correctness of the existing electrical installation and its compliance with the needs of the operation of the parabolic antenna. Identify the need to upgrade and/or improve the power supply and document it schematically in the project documentation, together with an explanatory report, the necessary calculations and equipment specifications.

Within the framework of the thesis, a list of original equipment, initial schemes, cable diary of used cables was compiled. A revision was carried out to mark the non-compliances of the existing project with the applicable standards. Suggestions on how to improve the current situation, which equipment to replace, which to add were given.

Documentation was updated, diagrams were prepared, an explanatory note was written, and specifications for new equipment were presented. Instructions for assembling a new automation control panel were given. A table of wiring and connections has been compiled to facilitate the assembly and future maintenance of the new shield.

The features of the new panel include: automatic control of controlled devices; possibility to change the operating mode: manually or automatically; output of information on operating parameters (display and light indicators); protection of electrical circuits and equipment (against overloads, voltage drops, short circuits, etc.); diagnostics and self-diagnostics of controlled devices; transmission of emergency signals in the event of an emergency; remote transmission of information.

The new system complies with current standards, laws and requirements. It also fulfils all the goals set by the customer. In the future, the thesis can be used to check other automation control systems and to assess their compliance with standards and current norms. It is also possible to get acquainted with the recommendations on the design and construction of automation panels on the basis of the thesis.



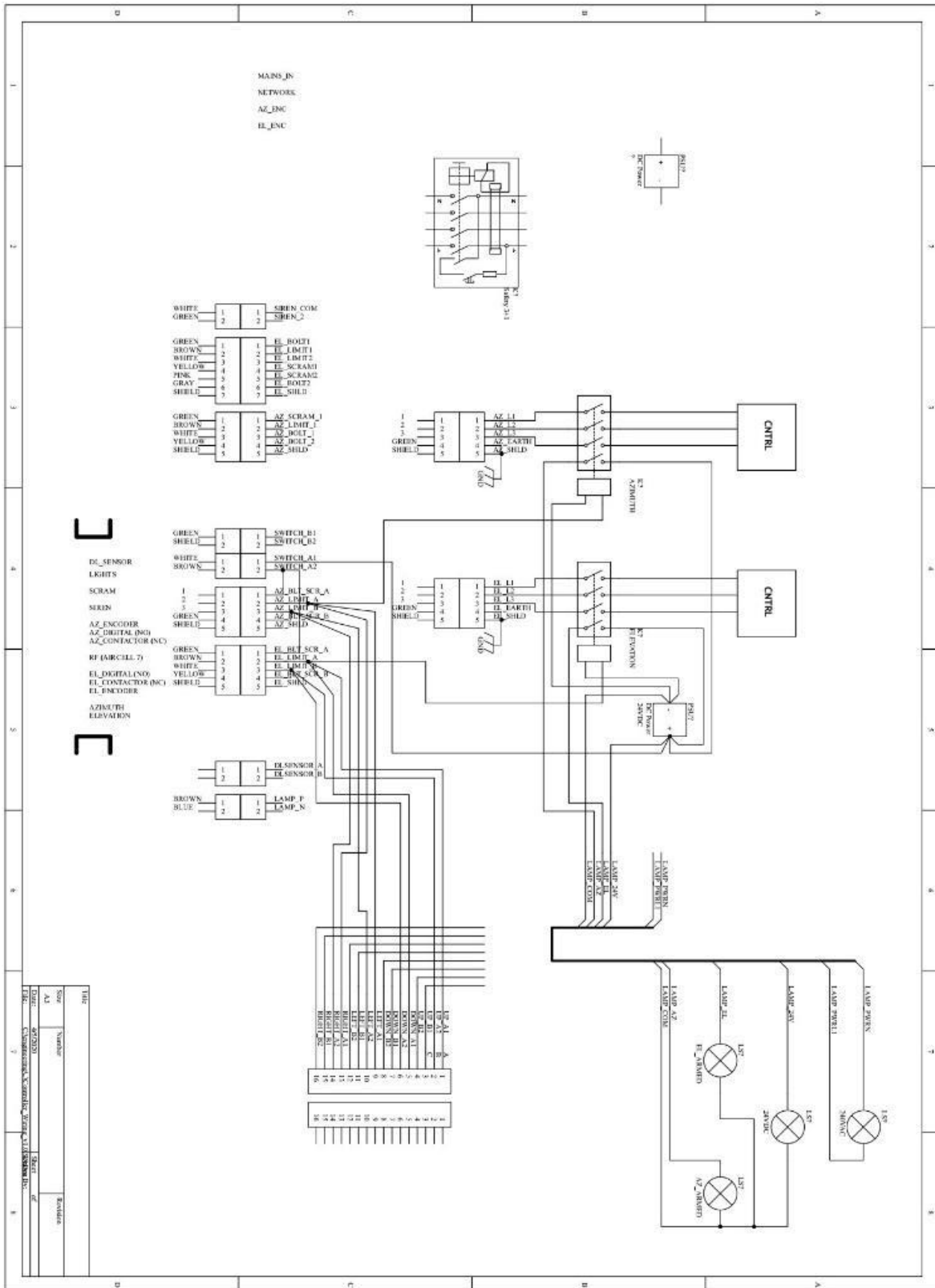
## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Mektory Satelliidiprogramm [WWW] <https://old.taltech.ee/projektid/mektory-est/satelliidiprogramm-4/satelliidiprogramm/ttu-mektory-satelliidiprogramm/ttu-mektory-satelliidiprogramm-2/> (20.10.2020).
- [2] TTÜ100 Satelliidi tutvustus [WWW] <https://old.taltech.ee/satelliidiprogramm> (20.10.2020).
- [3] Electrical Power System for ESTCube-1: a Fault-tolerant COTS Solution/ M. Pajusalu, E. Ilbis, J. Kalde, H. Lillmaa, R. Reinumägi, R. Rantsus, M. Pelakauskas, A. Leitu, V. Allik, M. Noorma, S. Lätt, J. Envall, 63rd International Astronautical Congress., 2012.
- [4] Paraboolantenn [WWW] <https://et.wikipedia.org/wiki/Paraboolantenn> (20.10.2020).
- [5] Geared motors [WWW] <https://www.zae.de/en/products/geared-motors> (05.08.2020).
- [6] Низковольтные электродвигатели SIMOTICS / Siemens AG, 09.2017.
- [7] Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Spatial, Mechanical, Thermal, and Radiation Measurement Hardcover / J.G.Webster, CRC Press, Florida, 2014.
- [8] RI360P0-QR24M0-IOLX2-H1141 Contactless Encoder – IO-Link Premium Line / manual, TURCK.
- [9] MLINE SIRENA BASES / manual, MLINE.
- [10] SOU-1 / manual, ELKO EP, s.r.o.,02-68/2016 Rev. 1.
- [11] DS-2CD2342WD-I 4MP WDR EXIR Turret Network Camera / manual, HIKVISION.
- [12] Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007> (20.10.2020).
- [13] Eesti Standardikeskus [WWW] <https://www.evs.ee/et/> (20.10.2020).
- [14] Elektripaigaldustööd 1 / A. Saastamoinen, Painokurki, Helsingi, 2009.
- [15] Kaitseparaadid / R. Lahtmets, TTÜ, Tallinn, 2006.
- [16] Elektripaigaldustööd 3 / A. Saastamoinen, Painokurki, Helsingi, 2009.
- [17] Surge Protection Devices / manual, Noark.
- [18] Автоматический Выключатель [WWW] <https://www.rimk.biz/a3100-a3300-a3500-a4100-avtomaticheskije-vyklyuchateli-retro/avtomaticheskij-vyklyuchatel-a3163> (01.11.2020).
- [19] MX2 Born to drive machine, model 3G3MX2 / manual, Omron, 2013.
- [20] Elektripaigaldustööd 2 / A. Saastamoinen, Painokurki, Helsingi, 2009.
- [21] Tehnilised nõuded mittelehoonetele / juhend, Riigi Kinnisvara, 03.2016.
- [22] EVS-EN 60529:2001+A2:2014 / Degrees of protection provided by enclosures (IP code) (IEC 60529:1989 + IEC 60529:1989/A1:1999 + IEC 60529:1989/A2:2013), kehtiv alates 01.04.2014.
- [23] Rittal -The System / assembly and operating instruction, Friedhelm LOH Group, 03.2017.
- [24] Energiatehnika ja maailm / E. Risthein, Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn,2013.

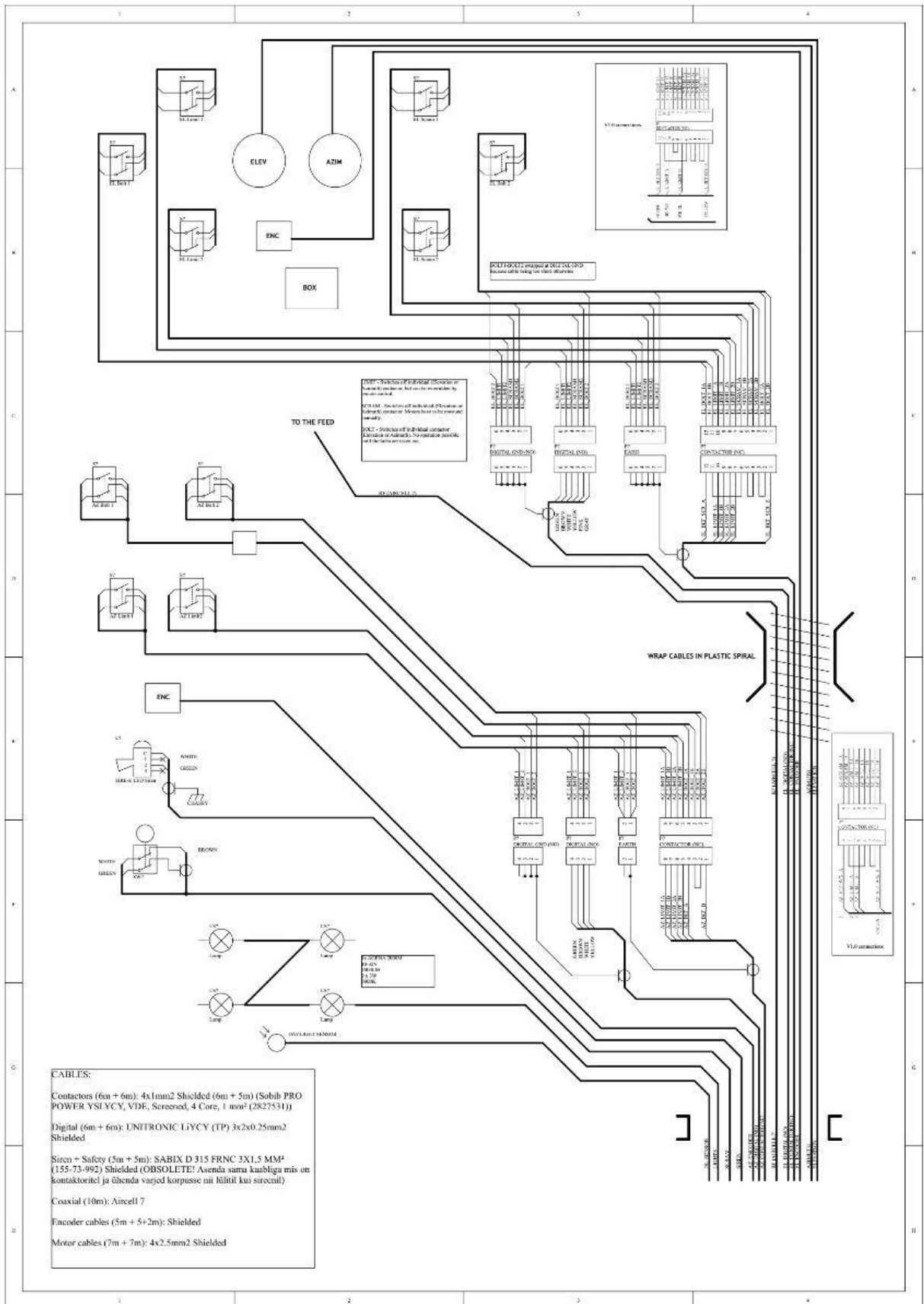
- [25] EVS 720:2015, Paigalduskaablid. Polüvinüülkloriidmantliga paigalduskaabel, kehtiv alates 02.04.2015.
- [26] EVS-EN 60332-1-1:2004 / A1:2015, Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions - Part 1-1: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Apparatus, valid from 03.12.2015.
- [27] EVS-HD 60364-5-54:2011, Low-voltage electrical installations - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors, Valid from 03.08.2011.
- [28] Nõuded elektriseadmele- ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord / Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 24, 10.04.2007.
- [29] UNO-PS/1AC/24DC/150W Primary-switched power supply unit / data sheet 1061\_en\_03, Phoenix Contact, 04.07.2018.
- [30] EVS-EN 61439-3:2012, Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavaisikud, Kehtiv alates 05.12.2012.
- [31] Elektripaigaldised / R. Teemets, TTÜ, Tallinn, 2011.
- [32] Общая электротехника и электроника / Г.М. Третьяк, Ю.Б. Тихонов, Издательство СибАДИ. Омск, 2006.
- [33] 2014/30/EU Electromagnetic compability directive (EMC), Kehtiv alates 26.02.2014.
- [34] Как защитить кабели и провода от ультрафиолета [WWW] <https://samelectrik.ru/kak-zashhitit-kabeli-ot-uf.html> (30.11.2020).
- [35] Modbus RTU [WWW] <https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/> (02.12.2020).
- [36] IO-Link Overview [WWW] [https://io-link.com/en/Technology/what\\_is\\_IO-Link.php?thisID=76](https://io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76) (05.12.2020).
- [37] Nõuded ehitusprojektile / määrus, vastu võetud 17.09.2010 nr 67.
- [38] Elektripaigaldustööd 4 / A. Saastamoinen, Painokurki, Helsingi, 2009.
- [39] Juhendmaterjal – Ehitusprojekti dokumentide digitaalse vormistamise nõuded ehitusloa elektroonilisel taotlemisel, Ver 2014-02-27.
- [40] EL20xx, EI2124 Digital Output Terminals / manual, BECKHOFF, version 5.4, 27.02.2020.
- [41] CX8190 Embedded PC for Ethernet / manual, BECKHOFF, version 1.4, 4.17.2020.
- [42] EL18xx Digital HD Input/Output Terminals / manual, BECKHOFF, version 2.6, 10.03.2020.
- [43] EL6224-00x0 IO-Link Terminal / manual, BECKHOFF, version 3.0, 24.06.2020.
- [44] EL600x, EL602x Serial Interface Terminals / manual, BECKHOFF, version 4.8, 17.11.2020.

## LISAD

# Lisa 1.1 Aljjoonised

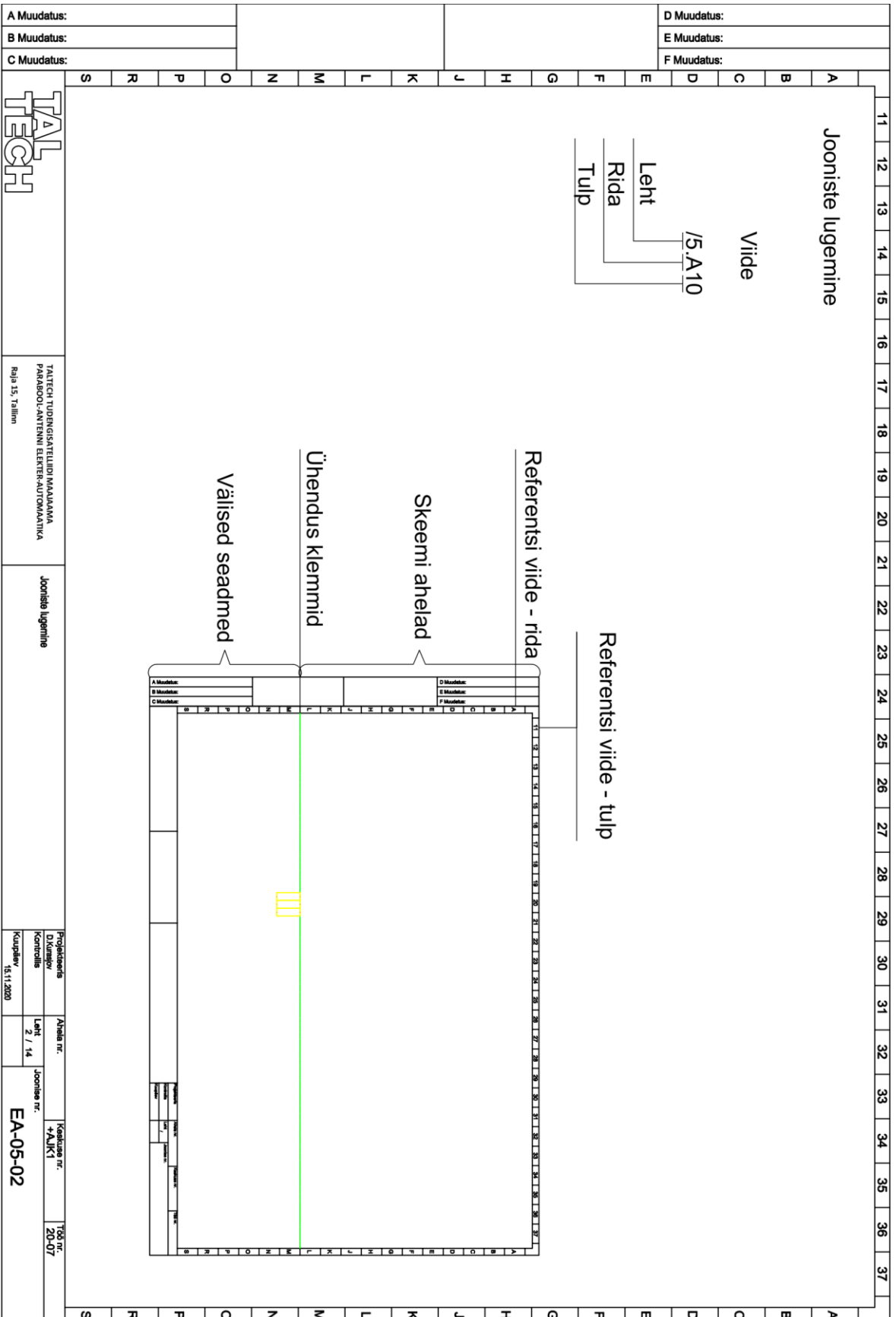


# Lisa 1.1 Aljoonised





# Lisa 2.2 Tööprojekt





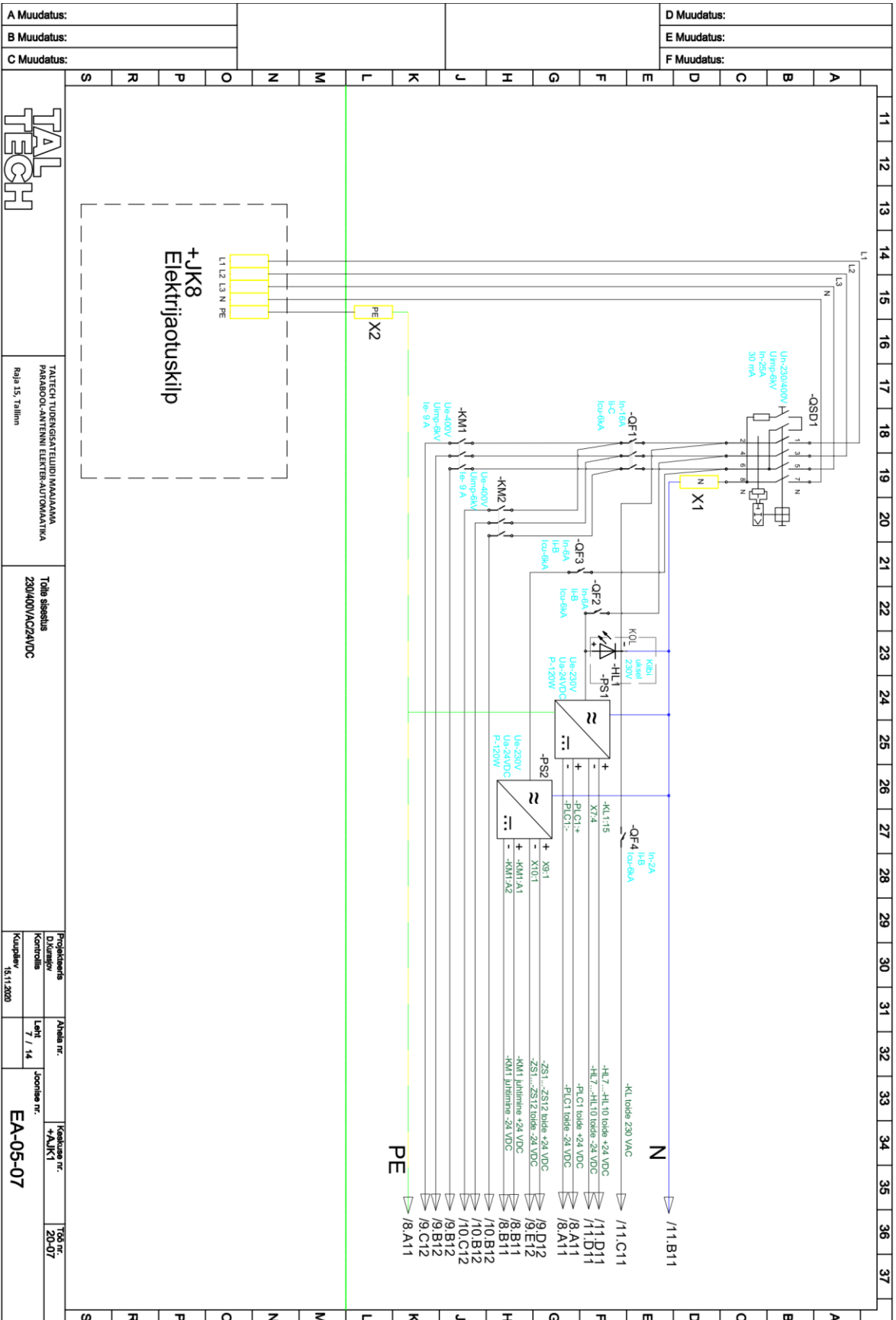








# Lisa 2.7 Tööprojekt



A Muudatus:	
B Muudatus:	
C Muudatus:	

D Muudatus:	
E Muudatus:	
F Muudatus:	



TALTECH TUBENGSAATELJUDI MAALAMA  
PARABOOD-ANTENNI ELEKTR-AUTOMAATNA  
Raja 15, Tallinn

Toide siseseisus  
230/400VAC/24VDC

Projektsaats  
Diksonov  
Kontrolis  
Kupalev 16.11.2020

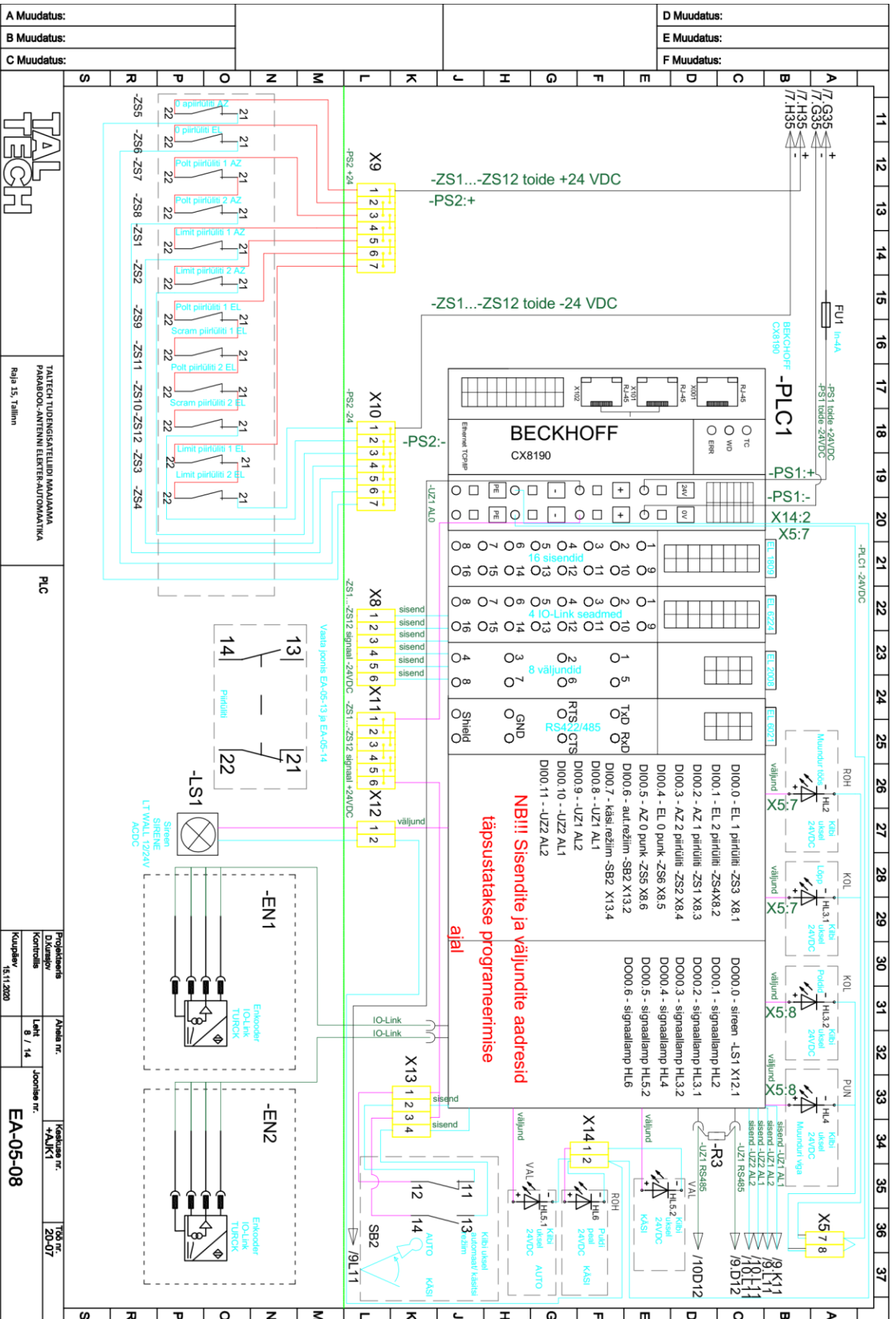
Ahvata nr.  
Leht 7 / 14

Kahtsena nr.  
+AJK1

106 nr.  
20-07

EA-05-07

# Lisa 2.8 Tööprojekt



**NB!!! Sisendite ja väljundite aadressid täpsustatakse programmeerimise ajal**

A Muudatus:	D Muudatus:
B Muudatus:	E Muudatus:
C Muudatus:	F Muudatus:

**TA TECH**

TALTECH TUDENGISTEELIÜLD MAALAMMA  
PARABOOL-ANTENNI ELEKTER-AUTOMAATIKA  
Raja 15, Tallinn

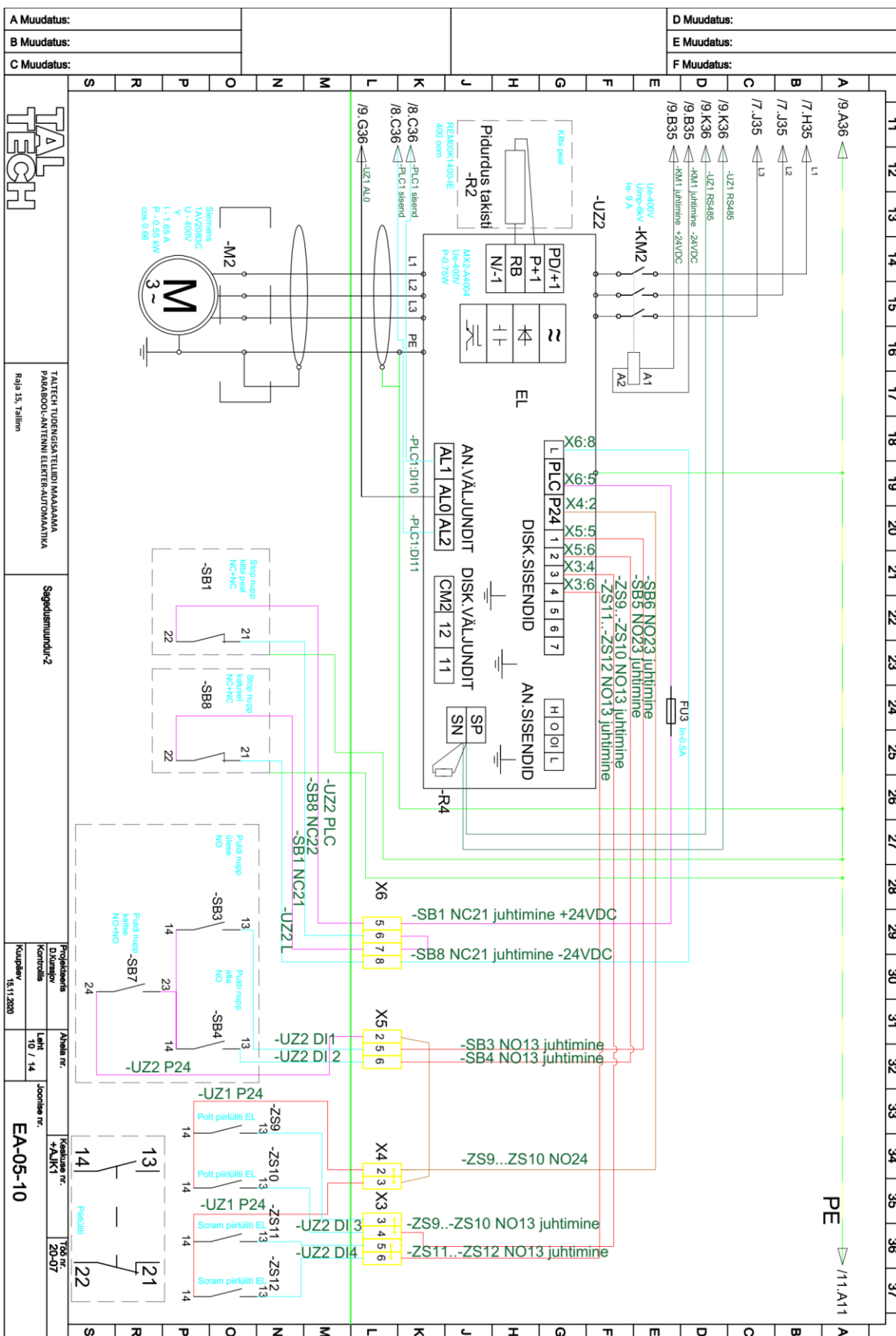
PLC

Projektsiooni Direktor	Avaliku nr.	Kahtluse nr.
Kontrolli	8 / 14	+AAK1
Kauplevi 15.11.2020		20-07

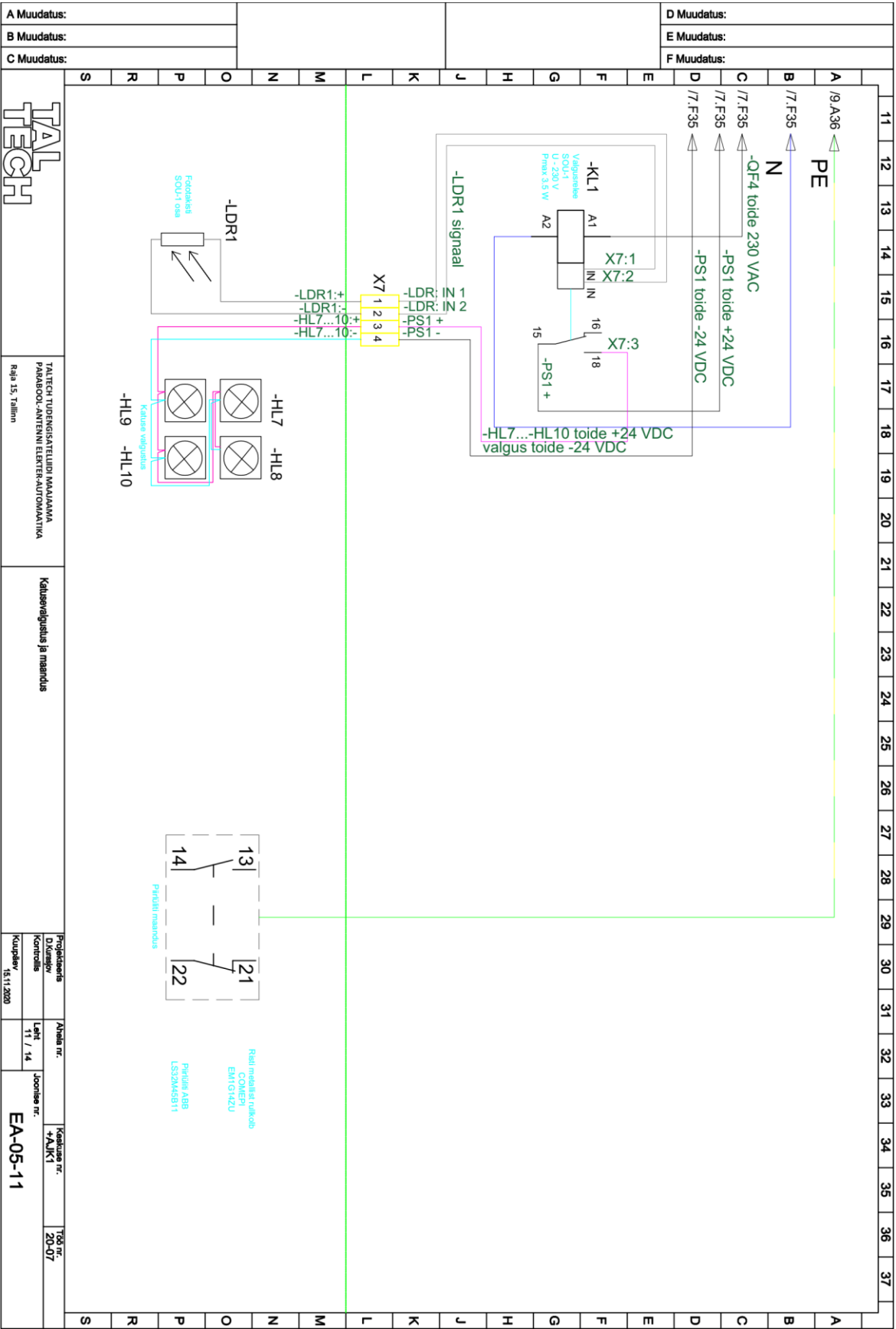
**EA-05-08**



# Lisa 2.10 Tööprojekt



# Lisa 2.11 Tööprojekt



A Muudatus:  
B Muudatus:  
C Muudatus:

D Muudatus:  
E Muudatus:  
F Muudatus:



TALTECH TUGENSGATELUDU MAALAMA  
PARABOOL-ANTENNI ELEKTR-AUTOMAATIKA  
Rajin 15, Tallinn

Kaitse võrgus ja maandus

Projektants  
Dünamiliv  
Kontrollis  
Kuppeliv 16.11.2003

Avalin nr.  
Leht / 14

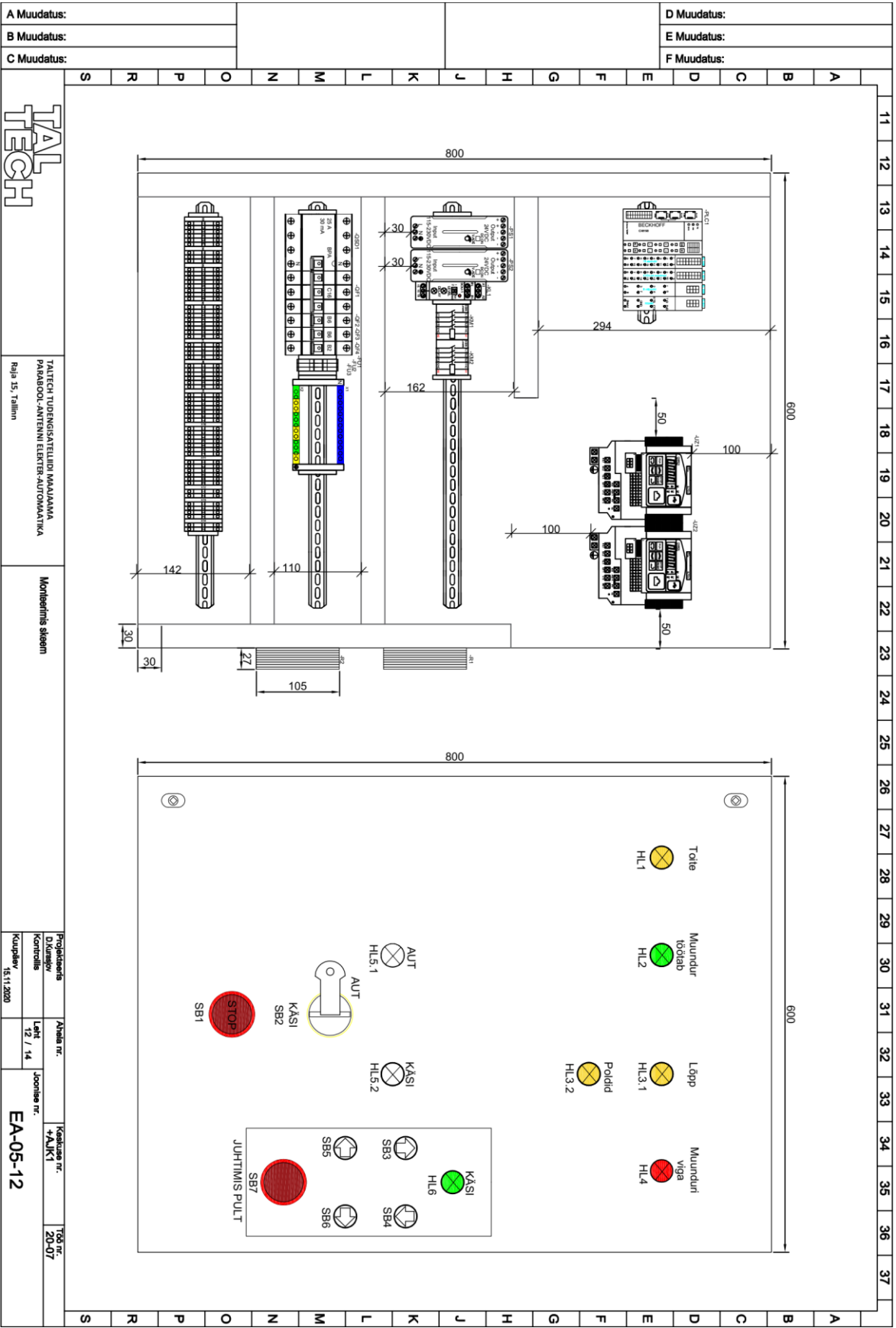
Kaitse nr.  
+AJIK1

Töö nr.  
20-07

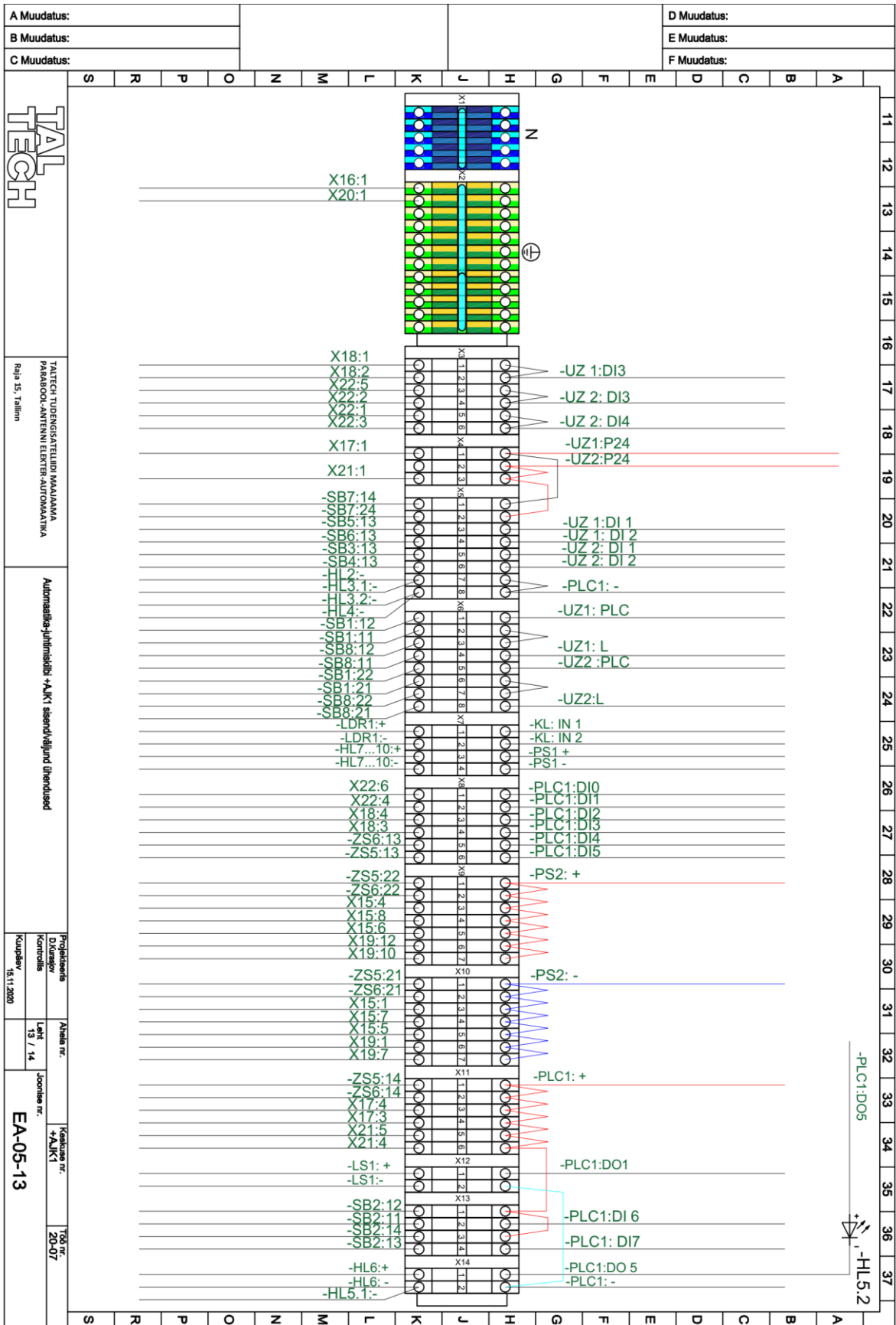
EA-05-11



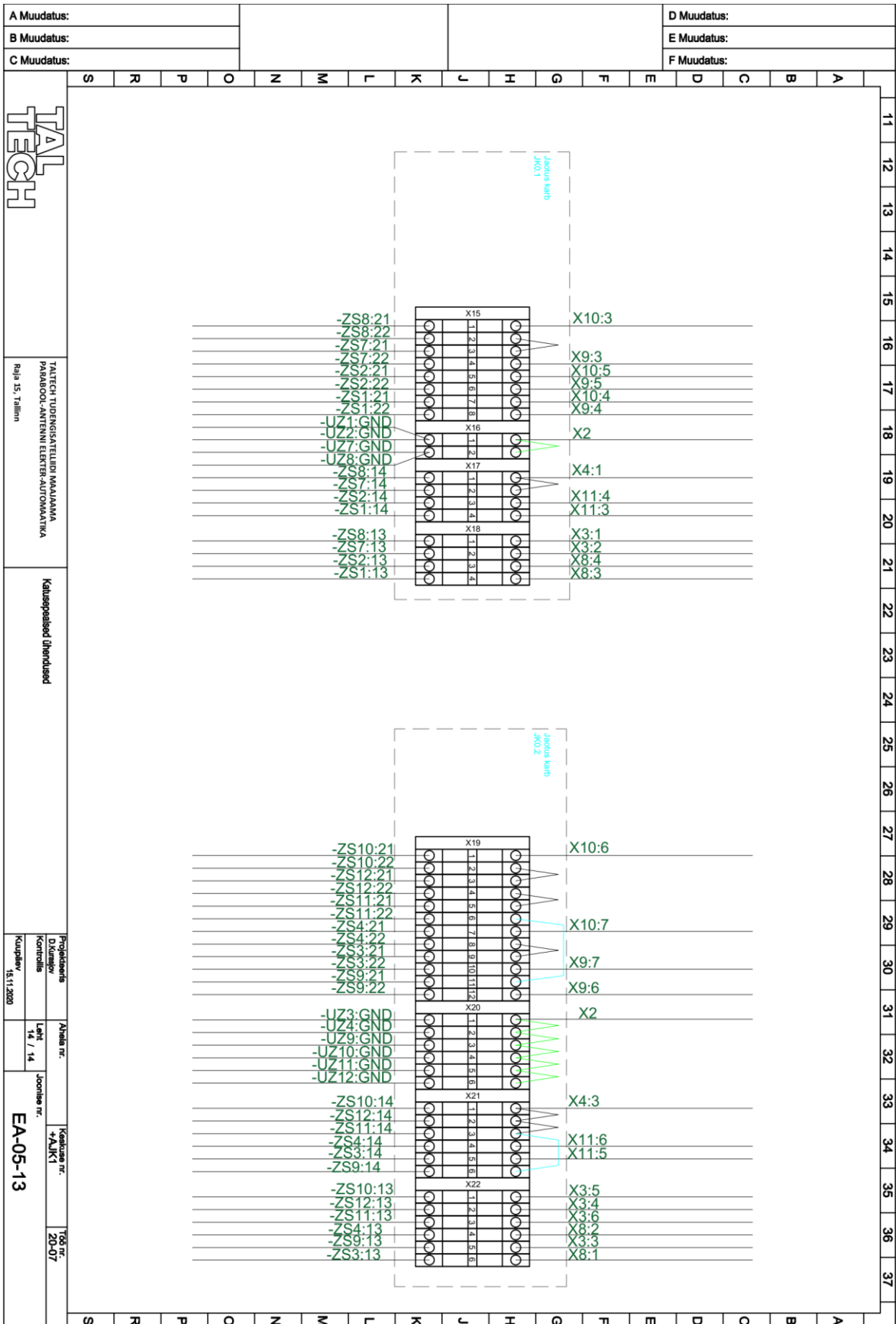
# Lisa 2.12 Tööprojekt



# Lisa 2.13 Tööprojekt



# Lisa 2.14 Tööprojekt



## Lisa 3.1 +AJK1 elektriskeem ja tabel

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28						
	Flider							Gruppi Nr.	Nimetus	kW	Kaitse	Kaabel							A					
								-QSD1	Rikkevoolukaitse	2	25A	4G 2.5 mm <sup>2</sup> , XPJ-HF D							B					
								-QF1	3F Kaitseaparaat	2	C16	3G 2.5 mm <sup>2</sup> , XPJ-HF D							C					
								-KM1	3F minikontaktor	0.75	9A	3G 2.5 mm <sup>2</sup> , Tri-Rated							D					
								-KM2	Sagedusmuundur -UZ1															E
								-KM2	3F minikontaktor	0.75	9A	3G 2.5 mm <sup>2</sup> , Tri-Rated							F					
								-QF2	Sagedusmuundur UZ2															G
								-QF2	1F Kaitseaparaat	0.12	B6	2.5 mm <sup>2</sup> , Tri-Rated							H					
								-QF3	Toiteplokk 230/24V AC/DC -PS1															I
								-QF3	1F Kaitseaparaat	0.12	B6	2.5 mm <sup>2</sup> , Tri-Rated							J					
								-QF4	Toiteplokk 230/24V AC/DC -PS2															K
								-QF4	1F kaitseaparaat	0.03	B2	2.5 mm <sup>2</sup> , Tri-Rated							L					
								Valgusrelee KL1															M	
																					N			
																					O			
																				P				
																				R				
																				S				
																				T				
																				U				
																				V				
																				X				
																				Y				
																				Z				
																				1				
																				2				

**TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA  
PARABOOL-ANTENNI ELEKTER-AUTOMAATIKA**


Raja 15, Tallinn

Proj. D.Kurasjov	Ahela nr.	Keskuse nr. +AJK1	Töö nr. 20-07
Kont.	Leht 1 / 2	Joonise nr.	
Kinnit.		<b>EA-05-15</b>	<b>Elektriskeem</b>






## Lisa 5.1 Uue süsteemi seadmete nimekiri

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
	<b>Märgistus</b>				<b>Elementide kirjeldus</b>										<b>Kogus</b>					A			
	-UZ1...2				Sagedusmuundur MX2 OMRON										2 tk					B			
	-QSD1				Rikkevoolukaitse In 25A, 30 mA										1 tk					C			
	-KM1...2				Minikontaktor BG09, 9A, 24VDC										2 tk					D			
	-QF1				3P kaitselüliti, 16A , C, 6kA										1 tk					E			
	-QF2...3				1P kaitselüliti, 6A, B, 6kA										1 tk					F			
	-QF4				1P kaitselüliti, 2A, B, 6kA										1 tk					G			
	-FU1				Sulavkaitse 4 A										1 tk					H			
	-FU2...3				Sulavkaitse 0.5 A										2 tk					J			
	-KL1				Videviku lüliti SOU-1 Elko, relee										1 tk					K			
	-PS1...2				Toiteplokk S8VK, 24VDC, 120W										2 tk					L			
	-R1...2				Pidurdus takisti 400 oom (REM00K1400-IE)										2 tk					M			
	-R3...4				Takisti, vastavalt valitud kaablile										2 tk					N			
	-LDR1				Fototakisti										1 tk					O			
	-HL1				Indikaatorlamp, LED 230 VAC										1 tk					P			
	-HL2...6				Indikaatorlamp, LED 24 VDC										7 tk					R			
	X				Klemmlistud															S			
	Kilp +AJK1				Ide Electric, GN806030, IP66										1 tk					T			
	-SB3...6				NO nupud										4 tk					U			
	-SB7				NO+NO nupp										1 tk					V			
	-SB1				NC+NC nupp										1 tk					X			
	-SB8				NC+NC nupp										1 tk					Y			
	-SB2				NC+NO nupp võtmema										1 tk					Z			
	-ZS5...6				0. asendi andur										2 tk					1			
					Voolukamm 3P,FORK, 9 mood										1 tk					2			
				TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA PARABOOL-ANTENNI ELEKTER-AUTOMAATIKA Raja 15, Tallinn										Proj. D.Kurasjov		Ahela nr.		Keskuse nr. +AJK1		Töö nr. 20-07		Seadmete nimekiri	
				Kont.		Leht 1 / 2		Joonise nr. EA-08-01															
				Kinnit.																			

## Lisa 5.2 Uue süsteemi seadmete nimekiri

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
	<b>Märgistus</b>				<b>Elementide kirjeldus</b>										<b>Kogus</b>					A
	-EN1-2				Pöördkooder IO-Link TURCK										2 tk					B
	-LS1				Sireen SIRENA LT WALL															C
					12/24V ACDC										1 tk					D
	-HL7...10				katusevalgustus LED, 24VDC										4 tk					E
					Kaablikanalid 30x80															F
	-PLC1				PLC BEKCHOFF CX8190										1 tk					G
					Moodul EL 1890, 16 DI										1 tk					H
					Moodul EL 6224, 4 IO-Link										1 tk					J
					Moodul EL 2008, 8 DO										1 tk					K
					Moodul EL 6021, RS422/485										1 tk					L
	-M1...2				Kolmefaasiline asünkroonmootor															M
					Siemens 1AV2083C										2 tk					N
	-ZS1..4,7..12				Piirlüliti ABB LS32M45B11										4 tk					O
					Piirlüliti COMEPI EM1G14ZU										6 tk					P
					Juhe TRI-RATED 2.5 mm <sup>2</sup> ko/ro															R
					Juhe TRI-RATED 2.5 mm <sup>2</sup> must															S
					Juhe TRI-RATED 2.5 mm <sup>2</sup> sinine															T
					Juhe TRI-RATED 1.5 mm <sup>2</sup> ko/ro															U
					Juhe TRI-RATED 1.5 mm <sup>2</sup> must															V
					Juhe TRI-RATED 1.5 mm <sup>2</sup> sinine															X
					Juhe H05V-K 0.75 mm <sup>2</sup> punane															Y
					Markeering UT2.5 le															Z
					N/PE latt															1
					Videokaamera HIKVISION IR															2
					DS2CD2342WD-I										1 tk					
				<b>TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA</b> PARABOOL-ANTENNI ELEKTER-AUTOMAATIKA Raja 15, Tallinn								Proj. D.Kurasjov		Ahela nr.		Keskuse nr. +AJK1		Töö nr. 20-07		
												Korit.		Leht 2 / 2		Joonise nr. <b>EA-08-02</b>		Seadmete nimekiri		



## Lisa 7.1 Ühenduste tabel

### TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA PARABOOLANTENNI ELEKTRIVARUSTUSE ÜHENDUSED KLEMLISTULE +AJK1

Raja 15, Tallinn

1/3

Kilbi sees	Klemm	Latt	Klemm	Kilbist väljas	Märkused	
X3:2	1	X3	1	X18:1	ZS8:13-	
UZ1:DI3	2		2	X18:2	ZS7:13-	
X3:4	3		3	X22:5	ZS3:13-	
UZ2:DI3	4		4	X22:2	ZS12:13-	
X3:6	5		5	X22:1	ZS10:13-	
UZ2:DI4	6		6	X22:3	ZS11:13-	
UZ1:P24+	1	X4	1	X17:1	ZS8:14+	
X5:1				ZS7:14+		
X4:3						
UZ2:P24+						
X5:2	3	3	3			
X4:2				X21:1	ZS10:14+;ZS12:14+;ZS11:14+	
X4:1	1	X5	1	SB7:14+	Juhtimisbuldi kaitsenupp	
X4:3	2		2	SB7:24+	Juhtimisbuldi kaitsenupp	
UZ1:DI1-	3		3	SB5:13-	Juhtimispuul nupp Vasakule	
UZ1:DI2-	4		4	SB6:13-	Juhtimispuul nupp Paremale	
UZ2:DI1-	5		5	SB3:13-	Juhtimispuul nupp Ülese	
UZ2:DI2-	6		6	SB4:13-	Juhtimispuul nupp Alla	
	7		7	7	HL2-	Signaallamp Muundur töötab
X5:8					HL3.1-	Signaallamp Lõpp
X5:7	8	8	8	HL3.2-	Signaallamp Poldid	
PLC1-				HL4-	Signaallamp Muunduri viga	
UZ1:PLC	1	X6	1	SB1:12+	Stopp nupp, uks	
X6:3	2		2	SB1:11-	Stopp nupp, uks	
X6:2	3		3	SB8:12+	Stopp nupp, katus	
UZ1:L-	4		4	SB8:11-	Stopp nupp, katus	
UZ2:PLC	5		5	SB1:22+	Stopp nupp, uks	
X6:7	6		6	SB1:21-	Stopp nupp, uks	
X6:6	7		7	SB8:22+	Stopp nupp, katus	
UZ2:L-	8		8	SB8:21-	Stopp nupp, katus	
KL1:IN1	1	X7	1	LDR1+	Valgusrele-Fototakisti	
KL1:IN2	2		2	LDR1-	Valgusrele-Fototakisti	
PS1+	3		3	HL7-10:+	Katusevalgustus	
PS1-	4		4	HL7-10:-	Katusevalgustus	
PLC1:DI0	1	X8	1	X22:6	ZS3:13-	
PLC1:DI1	2		2	X22:4	ZS4:13-	
PLC1:DI2	3		3	X18:4	ZS1:13-	
PLC1:DI3	4		4	X18:3	ZS2:13-	
PLC1:DI4	5		5	ZS6:13-	0 andur EL	
PLC1:DI5	6		6	ZS5:13-	0 andur AZ	
PS2:-	1	X9	1	ZS5:22+	0 andur AZ	
X9:2						
X9:1				2	ZS6:22+	0 andur EL
X9:2				3	X15:4	ZS7:22+
X9:3				4	X15:8	ZS1:22+
X9:4				5	X15:6	ZS2:22+
X9:5				6	X19:12	ZS9:22+
X9:6	7	X19:10	ZS3:22+			

## Lisa 7.2 Ühenduste tabel

### TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA PARABOOLANTENNI ELEKTRIVARUSTUSE ÜHENDUSED KLEMLISTULE +AJK1

Raja 15, Tallinn

2/3

PS2:+	1	X10	1	ZS5:21-	0 andur AZ	
X10:2						
X10:1	2		2	ZS6:21-	0 andur EL	
X10:2	3		3	X15:1	ZS8:21-	
X10:3	4		4	X15:7	ZS1:21-	
X10:4	5		5	X15:5	ZS2:21-	
X10:5	6		6	X19:1	ZS10:21-	
X10:6	7		7	X19:7	ZS4:21-	
PLC1+	1	X11	1	ZS5:14+	0 andur AZ (PLC1 BUS +24VDC)	
X11:2						
X11:1	2		2	ZS6:14+	0 andur EL (PLC1 BUS +24VDC)	
X11:2	3		3	X17:4	ZS1:14+ (PLC1 BUS +24VDC)	
X11:3	4		4	X17:3	ZS2:14+ (PLC1 BUS +24VDC)	
X11:4	5		5	X21:5	ZS3:14+ (PLC1 BUS +24VDC)	
X11:5	6		6	X21:4	ZS34:14+ (PLC1 BUS +24VDC)	
X13:1						
PLC1:DO1	1	X12	1	LS1+	Sireen	
X14:2	2		2	LS1-	PLC1 BUS -24VDC	
X11:6	1	X13	1	SB2:12+	AUT/KÄSI nupp AUTO	
X13:3						
PLC1:DI6	2		2	SB2:11-	AUT/KÄSI nupp AUTO juhtimine	
X13:1	3		3	SB2:14+	AUT/KÄSI nupp KÄSI	
PLC1:DI7	4		4	SB2:13-	AUT/KÄSI nupp KÄSI juhtimine	
PLC1:DO5	1	X14	1	HL6+	Signaallamp KÄSI puldipeal	
X12:2	2		2	HL6-	Signaallamp KÄSI puldipeal	
PLC1-					HL5.1-	PLC1 BUS -24VDC
<b>+JK0.1 sisend</b>	<b>Klemm</b>	<b>Latt</b>	<b>Klemm</b>	<b>+J0.1 väljund</b>	<b>Märkused</b>	
X10:3	1	X15	1	ZS8:21-	AZ polt 2 piirlüliti toide -24VDC (PS2)	
X15:3	2		2	ZS8:22+	AZ polt 2 piirlüliti toide +24VDC(PS2)	
X15:2	3		3	ZS7:21-	AZ polt 1 piirlüliti toide -24VDC(PS2)	
X9:3	4		4	ZS7:22+	AZ polt 1 piirlüliti toide +24VDC(PS2)	
X10:5	5		5	ZS2:21-	AZ limit 2 piirlüliti toide -24VDC(PS2)	
X9:5	6		6	ZS1:22+	AZ limit 2 piirlüliti toide +24VDC(PS2)	
X10:4	7		7	ZS1:21-	AZ limit 1 piirlüliti toide -24VDC(PS2)	
X9:4	8		8	ZS1:22+	AZ limit 1 piirlüliti toide +24VDC(PS2)	
X2	1	X16	1	UZ1:GND	Maandus	
X16:2					UZ2:GND	Maandus
	2		2	UZ7:GND	Maandus	
X16:1					UZ8:GND	Maandus
X4:1	1	X17	1	ZS8:14+	AZ polt 2 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ1)	
X17:2						
X17:1	2		2	ZS7:14+	AZ polt 1 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ1)	
X11:4	3		3	ZS2:14+	AZ limit 2 piirlüliti juhtimine +24VDC (PLC1)	
X11:3	4		4	ZS1:14+	AZ limit 1 piirlüliti juhtimine +24VDC (PLC1)	
X3:1	1	X18	1	ZS8:13-	AZ polt 2 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ1)	
X3:2	2		2	ZS7:13-	AZ polt 1 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ1)	
X8:4	3		3	ZS2:13-	AZ limit 2 piirlüliti juhtimine -24VDC (PLC1)	
X8:3	4		4	ZS1:13-	AZ limit 1 piirlüliti juhtimine -24VDC (PLC1)	

## Lisa 7.3 Ühenduste tabel

### TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAAJAAMA PARABOOLANTENNI ELEKTRIVARUSTUSE ÜHENDUSED KLEMLISTULE +AJK1

Raja 15, Tallinn

3/3

+JK0.2 sisend	Klemm	Latt	Klemm	+J0.2 väljund	Märkused
X10:6	1	X19	1	ZS10:21-	EL polt 2 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X19:3	2		2	ZS10:22+	EL polt 2 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X19:2	3		3	ZS12:21-	EL scram 2 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X19:5	4		4	ZS12:22+	EL scram 2 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X19:4	5		5	ZS11:21-	EL scram 1 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X19:11	6		6	ZS11:22+	EL scram 1 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X10:7	7		7	ZS4:21-	EL limit 2 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X19:9	8		8	ZS4:22+	EL limit 2 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X19:8	9		9	ZS3:21-	EL limit 1 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X9:7	10		10	ZS3:22+	EL limit 1 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X19:6	11		11	ZS9:21-	EL polt 1 piirlüliti toide -24VDC (PS2)
X9:6	12		12	ZS9:22+	EL polt 1 piirlüliti toide +24VDC (PS2)
X2	1	X20	1	UZ3:GND	Maandus
X20:2			2	UZ4:GND	Maandus
X20:1			2	UZ9:GND	Maandus
X20:2			3	UZ10:GND	Maandus
X20:3			4	UZ11:GND	Maandus
X20:4			5	UZ12:GND	Maandus
X20:5	6	6			
X4:3	1	X21	1	ZS10:14+	EL polt 2 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ2)
X21:2			2	ZS12:14+	EL scram 2 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ2)
X21:1			2	ZS11:14+	EL scram 1 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ2)
X21:2			3		
X21:6			3		
X11:6			4	4	ZS4:14+
X11:5	5	5	ZS3:14+	EL limit 1 piirlüliti juhtimine +24VDC (PLC1)	
X21:3	6	6	ZS9:14+	EL polt 1 piirlüliti juhtimine +24VDC (UZ2)	
X3:5	1	X22	1	ZS10:13-	EL polt 2 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ2)
X3:4			2	ZS12:13-	EL scram 2 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ2)
X3:6			3	ZS11:13-	EL scram 1 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ2)
X8:2			4	ZS4:13-	EL limit 2 piirlüliti juhtimine -24VDC (PLC1)
X8:3			5	ZS9:13-	EL polt 1 piirlüliti juhtimine -24VDC (UZ2)
X8:1			6	6	ZS3:13-

Koostas: D.Kurasjov



Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut  
www.ttu.ee  
MTR:

**TALTECH TUDENGISATELLIIDI  
MAAJAAMA PARABOOLANTENNI  
ELEKTRIVARUSTUSE  
PROJEKTDOKUMENTATSIOON**

**Automaatika-juhtimiskilp +AJK1**

**Tööprojekt**

PEAPROJEKTEERIJAJA: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Kontaktisik: Dmitri Kurasjov, tel +372 55689943, dmitri.kurasjov@taltech.ee

TELLUJA: TalTech Mektory

Kontaktisik:

---

Töö nr: 2007  
14.12.2020

Koostas: D.Kurasjov  
Vastutav projekteerija: D.Kurasjov

<b>1 ÜLDANDMED</b> .....	2
1.1 ALUSDOKUMENDID .....	2
1.1.1 Lähteandmed.....	2
1.1.2 Normdokumendid .....	2
1.2 AUTOMAATIKA-JUHTIMISKILP .....	3
1.2.1 Üldist.....	3
1.2.2 Toide .....	3
1.2.3 Info süsteem ja häda süsteem.....	4
1.2.4 Paigaldamine .....	5
1.2.5 Asukoht .....	5

---

Töö nr:	2007	Projekteerija :	Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Dok nr.:	EA-03-01		MTR reg. nr:
Töö nimetus:	TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse		
projektdokumentatsioon		Vastutav spetsialist:	
		Koostas:	D. Kurasjov
Objekti aadress:	Raja 15, Tallinn		
			/allkiri digitaalselt/
Kuupäev:	14.12.2020		
Muudatus:			

## 1 ÜLDANDMED

### 1.1 ALUSDOKUMENDID

#### 1.1.1 Lähteandmed

Tööprojekti koostamisel on juhitud allpool loetletud lähteülesannetest ja tingimustest:

- Tellija poolt edastatud soovid
- Projekteerimisnõupidamiste protokollid

#### 1.1.2 Normdokumendid

Antud projekt on koostatud järgmiste, teineteist täiendavate dokumentide alusel:

- Ehitusseadustik, vastu võetud 11.02.2015;
- Seadme ohutuse seadus, vastu võetud 18.02.2015;
- Nõuded ehitusprojektile, vastu võetud 17.07.2015 nr 97;
- EVS 932:2017, Ehitusprojekt, kehtiv alates 16.05.2017;
- EVS-HD 60364-5-51:2009/A11:2013, Ehitiste elektripaigaldised. Osa 5-51: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Üldjuhised, kehtiv alates 09.09.2013
- EVS-EN 61140:2016, Kaitse elektrilöögi eest. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele, Kehtiv alates 01.06.2016;
- EVS-HD 60364-1:2008, Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldiseloomustus, määratlused, Kehtiv alates 07.11.2008;
- EVS-EN 61439-3:2012, Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavalisikud, Kehtiv alates 05.12.2012;
- EVS-EN 15232-1:2017, Hoonete energiatõhusus. Osa 1: Hoone automaatika, juhtseadmete ja hoonehalduse toime. Moodulid M10-4,5,6,7,8,9,10, Kehtiv alates 02.06.2017;
- Levinud projekteerimistavad jms. Juhised;
- Tootjate juhised, kasutusjuhised, teaberaamatud.

Juhul, kui teatud eriosade kohta tekivad küsimused, lähtuda normdokumentide järgmisest pädevusjärjestusest:

1. Eesti Vabariigi seadused
2. Eesti Vabariigi määrused
3. Eesti Vabariigi standard
4. Euroopa standardid (EN-HD, EN, jt.)
5. IEC- või rahvuslikest standarditest (SFS, DIN jt.). Kui tekib vastuolu erinevates normdokumentides esitatud nõuete vahel, mõne üksikjuhtumi lahendamisel, siis tuleb juhendada nõudest, mis esitab antud probleemi lahendamiseks kõrgendatud tingimused.

---

Töö nr:	2007	Projekteerija :	Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Dok nr.:	EA-03-01	MTR reg. nr:	
Töö nimetus:	TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon		
		Vastutav spetsialist:	
		Koostas:	D. Kurasjov
Objekti aadress:	Raja 15, Tallinn		
			/allkiri digitaalselt/
Kuupäev:	14.12.2020		
Muudatus:			

Juhul, kui ülalloeletud alusdokumentide nõuded on vastuolus tuleb arvestada eespoolmainitud normi nõudeid. Juhul, kui antud juhendi nõuded on alusdokumentatsiooni nõuetest rangemad, tuleb täita antud juhendi nõudeid.

Projektis toodud konkreetset tüüpi seadmeid ja materjale võib asendada eranditult ainult Tellija heakskiidul, kuid Tellijal on kohustus need ka kooskõlastada Projekteerijaga.

Mittestandardseid ja normdokumentidele mittevastavaid paigalduskomponente, installatsioonimaterjale, kilbitarvikuid, jt. elektriseadmeid ei ole lubatud käesolevas paigaldises paigaldada ega kasutada.

Tarnitavad seadmed ja materjalid tuleb kooskõlastada Tellija esindajaga.

## 1.2 AUTOMAATIKA-JUHTIMISKILP

### 1.2.1 Üldist

Automaatika-juhtimiskilp eesmärgiks on tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni juhtida.

Spetsiaal-tarkvara otsib satelliidi asukoha. Satelliidi leidmisel saab operaator tema koordinaadid ning edastab, peaarvuti abil, koordinaadid ja käsklused edasi Ethernet-i abil PLC-sse. PLC vastutab käskluste edastamise eest sagedusmuunduritele. Selleks kasutab see Modbus RTU protokoll, mis sobib hästi sagedusmuunduri Omron 3G3MX2-A4004 andmevahetuseks. Samuti kontrollib PLC paraboolantenni asukohta kahes dimensioonis. Selleks kasutab PLC kaks nullkoha andurit (asimuut ja elevatsioon), neli piirlüliti (asimuut ja elevatsioon) ja kaks absoluutkooderit (asimuut ja elevatsioon). Kooderite suhtlemiseks on PLC-l lisamoodul, millele saab lisada neli seadet, mis suhtlevad IO-Link protokollil abil. Edasi liiguvad signaalid sagedusmuunduritesse, mis otsustavad, kas mootorid võivad töötada ja kas paraboolantenn võib liikuda või mitte.

Valitud PLC peab suhtlema sagedusmuunduritega, pöördkooderitega ja operaatori arvutiga. Olemasolevad sagedusmuundurid suhtlevad Modbus RTU protokollil abil. Pöördkooderid suhtlevad IO-Link protokollil abil. Operaatori arvuti ja PLC suhtlevad Ethernet-i kaudu.

### 1.2.2 Toide

Automaatika-juhtimiskilp +AJK1 saab toide +JK8 kilbist, 5P, 3 faasi, N juht ja PE juht. Juhistiku süsteem TN-S. Kilbi ja terve süsteemi lisakaitseks on lisatud kolmefaasiline moodulkaitseüliliti C16 A, seadmete kaitseks samuti lisatud ühefaasilised moodulkaitseülilidid (iga toiteploki kaitseks on B6 A ning valgustussüsteemi kaitseks on B2 A). Samuti on asendatud rikkevoolukaitseüliliti. Nüüd täidab süsteem tervikuna selektiivsuse reeglit.

---

Töö nr:	2007	Projekteerija :	Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Dok nr.:	EA-03-01	MTR reg. nr:	
Töö nimetus:	TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon		
		Vastutav spetsialist:	
		Koostas:	D. Kurasjov
Objekti aadress:	Raja 15, Tallinn		
			/allkiri digitaalselt/
Kuupäev:	14.12.2020		
Muudatus:			

Esimene toiteplokk Omron S8VK-G12024 toetab PLC-d ja katusevalgustust, teine toiteplokk Omron S8VK-G12024 toetab piirlüliteid, poltlüliteid, *scram*- lüliteid, minikontaktoreid ja pöördnuppu. PLC ja toiteploki vahel on lisakaitsena sulavkaitse.

### 1.2.3 Info süsteem ja häda süsteem

Ustele on lisatud pöördnupp võtmega (NC + NO), mis lülitab ümber töörežiimid (automaat / käsitsi), samuti lisatud hädastopp nupp (NC + NC). Olemas seitse signaallampi. Kõik signaalid ja nupud märgistatud. Toide signaallamp on kollase värviga 230 VAC ja annab teada, kas kilbis on olemas üldtoide, ühendatud esimesele faasile. Signaallambid “Muundur töötab” rohelise värviga ja “Muunduri viga” punase värviga on ühendatud PLC-ga. Ülejäänud signaallambid on 24 VDC LED lambid. Kollane signaallamp on “Lõpp” ühendatud PLC-ga ja annab teada kui üks või mitu lõpplülitit annavad signaali, “Poldid” on ühendatud poltlülite signaalidega ja annab teada, kas poldid on kohal või mitte. “AUT” ja “KÄSI” valged signaallambid annavad teada, millises režiimis on automaatika-juhtimiskilp +AJK1, automaat või käsi töörežiimis.



Joonis 1 Automaatika-juhtimiskilbi +AJK1 uks

Sagedusmuunduritele lisatud pidurdustakistid REM00K1400-IE pidurdusmoment 200 %, 400 Ω. Hädastopp nupud lisatud samuti otse sagedusmuunduritele, lisaks liiguvad poltlülite ja *scram*-lülite signaalid otse sagedusmuunduritele. Sagedusmuunduril MX2 on olemas seitse digitaalsisendit. Sinna on ühendatud puldi juhtimisnupud (käsirežiimi juhtimine).

Töö nr:	2007	Projekteerija :	Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Dok nr.:	EA-03-01	MTR reg. nr:	
Töö nimetus:	TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon		
		Vastutav spetsialist:	
		Koostas:	D. Kurasjov
Objekti aadress:	Raja 15, Tallinn		
		/allkiri digitaalselt/	
Kuupäev:	14.12.2020		
Muudatus:			



Minikontaktorite asukoht on sagedusmuundurite ja kolmefaasilise moodulkaitselüli vahel. Need mängivad lisakaitse rolli. Kui kaob poltlülitite, teiste lülitite või pöördnupu toide, lahutavad minikontaktorid automaatselt elektriahelad sagedusmuundurite ja moodulkaitselüli vahel.

#### 1.2.4 Paigaldamine

Süsteemi seadmed ja kaablid paigaldati vastavalt tööjoonistele kooskõlas tootjate kirjalike juhistega.

#### 1.2.5 Asukoht

Automaatika-juhtimiskilp +AJK1 asub TalTech Mektory maja kolmanda korruse rietusruumis (Raja 15, Tallinn), kilbiruumi +JK8 kõrvalruumis. Paraboolantenn asub samal aadressil katusel.

---

Töö nr:	2007	Projekteerija :	Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Dok nr.:	EA-03-01	MTR reg. nr:	
Töö nimetus:	TalTech tudengisatelliidi maajaama paraboolantenni elektrivarustuse projektdokumentatsioon		
Objekti aadress:	Raja 15, Tallinn	Vastutav spetsialist:	
		Koostas:	D. Kurasjov
Kuupäev:	14.12.2020		/alkkiri digitaalselt/
Muudatus:			

# Lisa 9 Dokumentide nimekiri

**Objekt:** TALTECH TUDENGISATELLIIDI MAALAJAMA PARABOOLANTENNI ELEKTRIVARUSTUS  
**Address:** Raja 15, Tallinn  
**Töö nr.:** 2007  
**Projekt osa :** Tööprojekt  
**KEHTIVAD DOKUMENDID SEISUGA**

**Dok. nr.:** EA-00-02  
**Koostias** D Kurasjov  
**14.12.2020** (kuupäev)



Ülddokumendid	Dokum. nr.	Version	Dokumendi sisu	Dokumendi faili nimi	Lehti	Formaat	Skaala	Mudatused	
								Koostam. kuupäev	Version / kuupäev
EA-00-01	1	1	Titelleht	2007_TP_EA-00-01_v01_titel.pdf	1	A4			
EA-00-02	1	1	Kehitvad dokumendid	2007_TP_EA-00-02_v01_dok_nimekiri.pdf	1	A4			
<b>Seletuskirjad</b>									
EA-03-01	1	1	Seletuskiri	2007_TP_EA_03-01_v01_sel.pdf	5	A4			
<b>Joonised</b>									
EA-05-01	1	1	Titelleht	2007_TP_EA-05-01_Titel.pdf	1	A4			
EA-05-02	1	1	Jooniste lugemise legend	2007_TP_EA-05-02_Joon_lug.pdf	1	A4			
EA-05-03	1	1	Selgitavad tekstid	2007_TP_EA-05-03_Sel_tekst.pdf	1	A4			
EA-05-04	1	1	Kasutatud tingimärgid	2007_TP_EA-05-04_ting.pdf	1	A4			
EA-05-05	1	1	Kilbi eestvaade	2007_TP_EA-05-05_Eestvaade.pdf	1	A4			
EA-05-06	1	1	Struktuuriskeem	2007_TP_EA-05-06_Struktuur.pdf	1	A4			
EA-05-07	1	1	Toite sisestus osa	2007_TP_EA-05-07_Toide.pdf	1	A4			
EA-05-08	1	1	PLC sisendid/väljundid/toide	2007_TP_EA-05-08_PLC.pdf	1	A4			
EA-05-09	1	1	Esimene sagedusmuundur sisendid/väljundid/toide	2007_TP_EA-05-09_Sag_1.pdf	1	A4			
EA-05-10	1	1	Teise sagedusmuundur sisendid/väljundid/toide	2007_TP_EA-05-10_Sag_2.pdf	1	A4			
EA-05-11	1	1	Katusevalgustus ja maandus	2007_TP_EA-05-11_Katus_maand.pdf	1	A4			
EA-05-12	1	1	Monteerimis skeem	2007_TP_EA-05-12_Mont_skm.pdf	1	A4			
EA-05-13	1	1	+ALK1 klemmide sisend/väljund ühendused	2007_TP_EA-05-13_Kim_skm.pdf	1	A4			
EA-05-14	1	1	+JKO 1 ja +JKO 2 klemmide sisend/väljund ühendused	2007_TP_EA-05-14_Yhend_kat_skm.pdf	1	A4			
EA-05-15	1	1	+ALK1 sisendite elektriskeem	2007_TP_EA-05-15_elekskm.pdf	1	A4			
EA-05-16	1	1	+ALK1 kilbi elektri andmed	2007_TP_EA-05-16_el_andmed.pdf	1	A4			
EA-05-17	1	1	Üldskeem	2007_TP_EA-05-17_Yldskm.pdf	1	A2			
<b>Spetsifikatsioon</b>									
EA-8-01	1	1	Seadmete loetelu 1	2007_TP_EA-08-01_Sead_nim_1.pdf	1	A4			
EA-8-02	1	1	Seadmete loetelu 2	2007_TP_EA-08-02_Sead_nim_2.pdf	1	A4			