

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Elektrotehnika instituut

ATV70LT

Mihkel Raadik

ERAMAJA SAARESTUMISVÕIMEKUSEGA ELEKTRIPAIGALDISE PROJEKTEERIMINE

Magistritöö

Instituudi direktor prof. Tõnu Lehtla
Juhendaja Vanemteadur Argo Rosin
Konsultant Taavi Klaos
Lõpetaja Mihkel Raadik

Tallinn 2016

AUTORIDEKLARATSIOON

Kinnitan, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus. Kõik selle koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Varem ei ole selle alusel kutse- ega teaduskraadi ega inseneridiplomit taotletud. Töö on koostatud litsentseeritud tarkvara abil.

Tallinn, 6.05.2016.a.

..... Mihkel Raadik

ATV70LT

Eramaja saarestumisvõimekusega elektripaigaldise projekteerimine

Mihkel Raadik, üliõpilaskood 144162AAAMM, mai 2016. – 55 lk.

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Energeetikateaduskond

Elektrotehnika instituut, elektriagamite ja elektrivarustuse õppetool

Töö juhendaja: vanemteadur Argo Rosin

Töö konsultant: Taavi Klaos

Võtmesõnad: projekteerimine, , tööprojekt, päikesepaneelid, jõupaigaldis, saarestumisvõimekusega elektripaigaldis, diisलगeneraator, inverter, akupank

Referaat:

Lõputöö on 55 lehel, sisaldab 7 tabelit ja 21 joonist.

Lõputöö eesmärk on eramu saarestumise võimekusega elektripaigaldise väljatöötamine ning projektdokumentatsiooni koostamine. Elektripaigaldise projekt on koostatud Viljandi maakonnas, Karula külas asuval eramule.

Töös antakse ülevaade süsteemi projekteerimisest sõltuvalt omaniku tarbimisharjumustest, millele tuginedes valitakse reservtoiteallikate parameetrid ning süsteemi tööks vajalik seadmestik. Koostatakse korrektne projektdokumentatsioon, mis välistab võimalike ehitusel ette tulevate probleemide tekke algstaadiumis.

Töös käsitletakse mikrotootja liitumist jaotusvõrguga ning selleks vajalike PV– süsteemi inverteri koostööstust võrgu omanikuga (Elektrilevi OÜ). Lähtudes kliendi tarbimisest arvutatakse diisलगeneraatori võimsus ning akupanga mahtuvus autonoomsuse tagamiseks. Teostatakse toitekaablite valik arvestades neid läbivate voolude suurusi ja kontrollitakse pingelangu kaablites, mis ei ületaks ettenähtud norme. Projekteerimise käigus täpsustatakse erinevaid lahendusi, mille baasil rajatakse tööprojekt ning määratakse toiteallikate omavaheliste lülituste järjestust.

ATV70LT

Design of installation for a household power generation system with off-grid capability.

Mihkel Raadik, student code 144162AAAMM, May 2016. – 55 pages.

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Power Engineering

Department of Electrical Engineering, Chair of Electrical Drives and Electricity Supply

Tutor of the work: Senior research scientist Argo Rosin

Consultant of work: Taavi Klaos

Key words: electrical designing, photovoltaic panels, electrical installation, self sustaining electrical system, generator, inverter, solar battery storage

Summary:

Thesis is written on 55 pages, contains 7 tables and 21 drawings.

The purpose of this this master's thesis is to develop self sustaining electrical system for private residence and to create design documentation of electrical installation. The power installation project is designed for private residence located at xxxx, Karula village, Viljandi county.

The thesis provides overview of developing self sustaining electrical system, which is based on the residence owners electrical consuming habits, which lets to select the size of the reserve sources and equipment for precise work of the electrical system. During designing the proper working documentation is made to exclude any problems at early stages of the electrical system construction.

In this thesis there is discussed of micro producer connecting to the grid. Therefore the PV– system inverter needs a coordination with the grid owner (Elektrilevi OÜ). The diesel generator power and the battery size is calculated based on residence owners electrical consuming habits to create system autonomy. The power cable selection is conducted by considering the passing current sizes and rated power. Based on previous, the calculations for voltage drop can be made to see if the drop rate isn't exceeding the standard. The control board is designed to supply electrical power when there is fault in the grid.

ATV70LT

Проектирование электроустановки энергонезависимого частного дома

Михкель Раадик, код студента 144162АААММ, май 2016. – 55 листов.

ТАЛЛИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет энергетики

Институт электротехники, кафедра электроприводов и электроснабжения

Руководитель работы: старший научный сотрудник Арго Росин

Консультант: Таави Клаос

Ключевые слова: проектирование, рабочий проект, солнечные панели, электроустановка, энергонезависимая электроустановка, дизельный генератор, аккумуляторная батарея

Реферат:

В дипломной работе 55 листов, 7 таблиц и 21 рисунок.

Целью дипломной работы является разработка электроустановки энергонезависимого частного дома. Проект электроустановки составлен для частного дома, расположенного в деревне Карула волости Вильянди.

В работе дан обзор о проектировании системы в зависимости от потребительских привычек собственника и основываясь на параметрах резервных источников питания. На основе этого и производится выбор необходимого оборудования. Составляется корректная проектная документация, которая уже в начальной стадии позволяет избежать многих проблем.

В работе рассматривается подключение микро-производителя энергии к распределительной сети и согласование необходимого для этого инвертера системы солнечных батарей с собственником сети (Elektrilevi OÜ). Для обеспечения автономности, основываясь на потреблении клиента, рассчитывается мощность дизельного генератора и ёмкость аккумуляторной батареи. Производится выбор питающих кабелей с учётом тока и падения напряжения, которые не должны превышать установленные нормами значения. В ходе проектирования уточняются различные чертежи, на основе которых создаётся рабочий проект и определяется очерёдность выбора различных источников питания.

SISUKORD

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE | 7 |
| 1. EESSÕNA | 8 |
| 2. SISSEJUHATUS | 9 |
| 3. OBJEKTI KIRJELDUS | 10 |
| 4. TARBIMISE ANALÜÜS | 12 |
| 5. SKEEMILAHENDUSTE VÕRDLEMINE JA VALIK | 13 |
| 6. SEADMETE VÕRDLEMINE JA VALIK | 15 |
| 6. 1. PV- süsteem | 15 |
| 6. 1.1. Paneelide paiknemine | 15 |
| 6. 1.2. Päikesepaneelide valik | 17 |
| 6. 1.3. Inverteri valik | 21 |
| 6. 2. Generaatori valik | 27 |
| 7. PROJEKTEERIMINE | 31 |
| 7. 1. Elektripaigaldise kaitseahelad | 31 |
| 7. 1.1. Liigvoolu kaitse | 31 |
| 7. 1.2. Kaitseülilitite valik | 33 |
| 7. 1.3. Elektripaigaldise tugevvoolu kaablite valik ja paigaldamine | 37 |
| 7. 1.4. Maandus | 40 |
| 7. 2. Tööprojekt | 42 |
| 7. 3. Elektripaigaldise paiknemine | 43 |
| 7. 4. Põhimõtteskeemid ja juhtimine | 45 |
| 7. 4. Generaatorhoone elektri- ja valgustuspaigaldise projekteerimine | 48 |
| 8. KOKKUVÕTE | 50 |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 53 |
| LISA | 55 |

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Elektrotehnika instituut

KOOSKÕLASTATUD

Prof. T. Lehtla2016

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Mihkel Raadik, üliõpilaskood 144162 AAAMM

Magistritöö teema: Eramaja saarestumisvõimekusega elektripaigaldise projekteerimine

Ülesanne: Uurida eramajale sobivaid skeemitehnilisi lahendusi ja seadmeid ning koostada saarestumisvõimekusega elektripaigaldise projekt.

Lähteandmed:

1. Objekti elektripaigaldise projekt ja andmed
2. Võrguga liitumist ja erinevad elektritootmise ja salvestamise tehnoloogiaid käsitlevad koduleheküljed
3. Projektis kirjeldatavate seadmete tootepassid

Lahendamisele kuuluvate probleemide loetelu:

1. Koostada objekti kirjeldus ja senise tarbimismustri analüüs
2. Lähtuvalt objekti eripärast ja saarestumisvõimekusest analüüsida erinevaid skeemitehnilisi lahendusi
3. Võrrelda ja analüüsida projekteeritava elektripaigaldise jaoks sobivaid seadmeid
4. Koostada elektripaigaldise kaitseahelate arvutused
5. Koostada eramajale saarestumisvõimekusega elektripaigaldise projekt

Magistritöö esitada eesti keeles kahes eksemplaris koos eesti- ja kahe võõrkeelse referaadiga hiljemalt 03.06.2016.

Juhendaja:

Ülesande vastu võtnud:

Vanemteadur A. Rosin

Üliõpilane M. Raadik

1. EESSÕNA

Eelnevalt olen põgusalt kokku puutunud taastuenergia lahendustega ainult magistriõppe raames. Sellest saingi idee lõputöö teemaks valida „Eramaja saarestumisvõimekusega elektrisüsteemi projekteerimine“. Valik sai tehtud huvist tutvuda lähemalt taastuenergiaga ning erinevate taastuenergia süsteemide arendamisega. Oma töös olen kokku puutunud hoonete tugev-voolupaigaldiste projekteerimisega ning nõuete kohase dokumentatsiooni koostamisega. Magistritöös soovisin eramu saarestumisvõimekusega elektrisüsteemi projekteerimisel uurida selleks vajalikke standardeid, tehes vajalikke kalkulatsioone ning valimaks sobilikke komponente elektripaigaldise ehitamiseks.

Soovin tänada SolarEst-i juhatajat Taavi Klaos-t, kes andis võimaluse projekteerida eramaja saarestumisvõimekusega elektrisüsteemi konkreetsele objektile, mis lähitulevikus valmis ehitatakse.

3. OBJEKTI KIRJELDUS

Tellija eramu elektriarved on aastas üle 4000 € ning tellija sõnul esineb aastas elektrivõrgu katkestusi tihedalt, mille taastamine võtab pikemalt aega. Pikemaajaliste katkestuste vältimiseks ja kulude kokkuhoiu eesmärgil soovib tellija ehitada endale reservtoiteallikaga elektrisüsteemi.

Saarestumisvõimekusega elektrisüsteem on projekteeritud Viljandi maakonnas Karula külas asuva eramaja tagavara toitesüsteemiks, juhuks kui on planeeritud või määramatust jõust põhjustatud rikkeline katkestus. Planeeritud katkestuste puhul teostatakse remonttööd kiirelt, kuid loodusjõudude poolt põhjustatud rikked võivad kesta kuni 3 päeva.

Eramu liitumiskilp saab toite Karula konteinerlajaamast, mis paikneb ca. 300 m kaugusel liitumispunktist. Alajaamas on kasutusel 650 kVA võimsusega trafo. Liitumiskilbi ja alajaama vaheline ühendus on teostatud 35 mm² alumiinium õhuliiniga. Liitumiskilpi on paigaldatud peakaitsmeks 32 A automaatkaitselüliti. Kilbi sisene juhistiküsteemina on kasutusel TN-C süsteem.

Arvestades antud eramaja piirkonda – kus enamus katkestusi on põhjustatud tormidest ning samuti on ka võrguliin alajaamast liitumiskilbini ümbritsetud puudega – on võrgu rikketase üsna kõrge. Voolukatkestus võib tekkida juba väiksema tuulega, kui liinid kokku puutuvad. Lisaks asub maja eemal tihedalt asustatud aladest, mis muudab võrgu toite taastamise vähem oluliseks.

Tellija soovib endale rajada reservtoiteallikaga elektripaigaldist koos päikesepaneelide (edaspidi PV-süsteem) ja akupangaga. Vähendades kulutusi elektrienergiale ning tagades eramu toide elektrivõrgu katkestuste ajal. Päikeseelektrijaama võimsuseks sooviti saada mikrotootjale maksimaalset Elektrilevi poolt lubatud võimsust ehk 11 kW. Pikemaajalist autonoomsust klient ei soovinud, sest tema tarbimisharjumuste juures kujuneks akupanga hind liiga kalliks ning piirduks vaid ühetunnise autonoomsusega maksimaalse tarbimise juures. Eramu asub Karula järve ääres ning kliendile on tähtis säilitada looduspärane miljöö, millest tulenevalt ei saa kasutada konteinergeneraatorit. Lahendusena hakkab generaator paiknema eramu piiril eraldi seisvas hoones (edaspidi generaatorhoone). Liitumiskilbi ja

generaatorhoone vaheline kaugus on ca 60 m ning projekteeritavate päikesepaneelide kaugus generaatorhoonest ca 53 m . Täpsem paiknemine on toodud joonisel 3.1.



Joonis 3.1. Elektripaigaldise paiknemine.

Saarestumisvõimekusega elektrisüsteemi projekteerimisel projekteeritakse päikesepaneelide, liitumiskilbi ning generaatorhoone vaheline elektripaigaldis, millele lisandub juurde generaatorhoone sisene elektripaigaldis, sest hoonel puudub vajalik elektrivarustus. Elektripaigaldis peab olema kooskõlas Eesti Vabariigis kehtivate seadustega ja normidega ning olema koostatud vastavalt heale ehitustavale.

5. SKEEMILAHENDUSTE VÖRDLEMINE JA VALIK

Elektripaigaldise struktuuri projekteerimisel käsitletakse kahte erinevat topoloogiat (Joonis 5.1). Mõlemal topoloogial nähakse ette ümberlülituse kasutamist liitumiskilbis. Võrgu ühenduse katkemisel lülitatakse automaatselt eramu elektripaigaldis võrgu ühendusest ümber generaatori toitele. Generaator alustab tööd juhul kui PV – süsteemis toodetud ja akupanka salvestatud elektrienergiast jääb väheks ning generaatori ja PV – süsteemi koostööl varustatakse eramut elektriga. Öisel ajal lülitub generaator töösse peale akupanga tühjenemist. Võrgu nominaalsel talitlusel on generaator elektripaigaldisest lahti ühendatud. PV – paneelidest toodetud elekter tarbitakse maksimaalselt ära eramu tarbimisharjumuste rahuldamiseks ja akude laadimiseks ning puudujääv osa saadakse elektrivõrgust. Päikesepaistelisel päeval, mil tootlikkus võib ületada tarbimist, müüakse elektritoodangu ülejääk tagasi võrku. NordPool-i statistika andmetel oli 2015. aastal müüdud elektri keskmiseks hinnaks 0,03108 €/kWh. Võrku müüdava elektri hinna kujunemisel võetakse arvesse elektribörsi hindasid, millest lahutatakse maha marginaal [19].

Esimesel skeemil on kasutusel inverter ja DC/DC muundur. Inverteriga muundatakse toodetud alalisvool vahelduvvooluks, mida kasutatakse eramu toiteks. DC/DC muunduriga saadakse akude laadimiseks vajalik pingetase ehk kasutatakse ühtset alalisvoolu siini. Teisel skeemil on DC/DC muunduri asemel kasutusel vaheldi ja alaldi, mis võimaldab akude laadimise võrgust ning PV – süsteemis toodetud elektriga.

Teise skeemi kohaselt on võimalik laadida akusid võrgust. Hinnavõit tekkib juhul, kui liitumiskilbis on kahetariifne arvesti ning akude laadimiseks kasutatakse õist odavat elektrit või PV-süsteemi tootlikkus on piisavalt suur, et ei tarbita võrgust elektrit. Kasutades kahte inverterit suureneb harmooniliste osakaal ja häiringute tõenäosus rohkem kui ühe inverteriga skeemil. Mõlema skeemi miinuseks on mitmete erinevate seadmete rohkus, mille tulemusena suureneb summaarne võimsuskadu.

6. SEADMETE VÖRDLEMINE JA VALIK

6.1. PV- süsteem

6.1.1. Paneelide paiknemine

Eestis aastane summaarne päikesekiirgus, mis langeb horisontaalsele pinnale jääb vahemikku 825 – 950 kWh/m². Optimaalse kaldega pinnale langev aastane päikesekiirgus on märgatavalt suurem, 1100 – 1200 kWh/m². Ent otsese päikesekiirguse mõjul võib PV – paneelide temperatuur tõusta 20 – 40 °C võrra kõrgemaks ümbritsevast temperatuurist, mis omakorda vähendab paneelide tootlikkust. Seetõttu on projekteerimisel tähtsal kohal jahutustingimused. Paigaldades päikesepaneelid pinnale, tuleb jätta paneelide ja kinnituspinna vahele vähemalt 10 cm õhutusvahe [4].

Paneelide paigutamisel saab lähtuda erinevatest paigutusviisidest, millel on omad plussid ja miinused. Juhtudel, mil tuleb arvestada ruumipuudusega, näiteks tihedamini asustatud kohtades või linnades, on lahenduseks paigutada paneelid 90° nurga alla ehk hoone fassaadile. Vähendades lume kogunemist paneelidele ning tootes novembrist veebruarini ca 7 % energiat rohkem kui 40° nurga all olevad paneelid, kuid üldmastaabis on tootlikkus väiksem 26 % [13]. Teise võimalusena saab paigutada paneelid katusele. Lamekatusega hoonele on võimalik paneele paigaldada kõige optimaalsema nurga alla, saamaks maksimaalset tootlikkust aastaringselt. Sõltuvalt viilkatuse kaldenurgast ja suunast päikese suhtes, varieerub päikesepaneelide tootlikkus. Madalama ehk 30° kaldenurga korral suurenevad mustusest tulenevad kaod ligi 2 – 10 % ning seevastu 50° kaldenurga puhul vähenevad kaod mustusest. Katuse rõhtpinna asend 15° lääne või ida suunas ei muutu tootlikkus, kuid 15° – 25° kraadine kõrvalekalle lõuna suhtes vähendab tootlikkust 1 %. Viilkatusele ja fassaadile paigaldamisel tuleb arvestada jahutusega, mis vähendab soojusest tingitud elektrienergia tootmise kadusid. Soovituslik on paneelid paigaldada kinnitavast pinnast 10 cm eemale parema ventileerituse jaoks ning ligipääsuks paneelidele [13], [15]. Lisaks on võimalik paneele paigutada eraldi seisvale maaraamile, mille puhul asetatakse paneelid optimaalse nurga all, saavutamaks maksimaalset elektritoodangut. Maaraamile paigutamise saavutatakse paremad jahutustingimused kui fassaadile või viilkatusele paigutusega ning ligipääsetavus paneelidele hooldustööde ajal [4].

Antud objektile ei projekteeritud kliendi soovil paneele katusele ega fassaadile, vaid eraldi seisvale raamile (Joonis 6.1.), mis asetseb 40° nurga all ning lõuna suunas 0°. Eraldi seisva maaraami lahendusena on kasutatud ettevõtte Schletter-i poolt toodetavat FS-DUO alumiiniumraami. Maaraami tootja valikul piirduti ühe kindla tootja lahendusega, sest eelnevalt on olemas positiivne kogemus ning nende poolt pakutava lahenduse maksumus on majanduslikult sobilik. Esitades maaraami tootjale objekti asukoha pinnase ja paigaldatavate paneelide kirjelduse. Lisa 1 all on toodud ettevõtte Schletter-i poolt koostatud paigaldatava maaraami projekt.

PV – paneelide tootlikkust mõjutavad erinevad tegurid. Suurim mõjutaja on vari ja mustus. Paneelide 2 % varjamisel väheneb tootlikkus kuni 70% [4]. Antud juhul paiknevad paneelid eraldi seisval raamil ning on välistatud paneelide üksteise varjamine – järjestikku paiknemisel. Ent tuleb arvestada ümbritseva keskkonnaga – hooned, puud jne. Sellest lähtuvalt sai koos tellijaga valitud koht, mis talle endale oleks aktsepteeritav ning kus tekiks võimalikult vähe varje. Paneelide paiknemist on näidatud joonisel 3.1.



Joonis 6.1. Maaraam FS duo [9]

6.1.2. Päikesepaneelide valik

Päikesepaneelid koosnevad fotoelektrilistest elementidest, mis võimaldavad päikese kiirgusest elektrienergiat toota. Eristatakse kahte liiki päikesepaneele: kristalsed- ja amorfseid paneelid, millest eelistatakse kristalseid paneele. Kristalsete paneelide hind on kallim, kuid nende tehnoloogia annab efektiivsema tulemuse. Tänapäeval leiavad palju kasutust kristalsete paneelide hulgas polükristalsed- ja monokristalsed paneelid, millest monokristalsete paneelide kasutegur on mõnevõrra parem, kuid selle poolest on tegemist kallima lahendusega. Keskest läbi on PV- paneelide kaod vahemikus 8 – 12 % [4]. Järgnevalt on välja toodud PV – paneelide eelised ja puudused [15] :

PV – paneelide eelised :

1. PV – paneelide süsteem ühtlustab tarbimist
2. Energia tootmine on sarnane büroohoonete jm analoogsete hoonete tarbimismustriga

PV – paneelide puudused:

1. Talvine madal temperatuur vähendab ja suvine kõrgem temperatuur suurendab võimsuskadusid
2. Suvise ja talvise energia tootlikkuse vahe on kuni 20 kordne, sõltuvalt päikese järgitavusest ning kaldenurgast
3. Suhteliselt madal kasutegur (kuni 20 %)
4. Väikse kaldenurga puhul on talvised hooldustööde mahud suuremad ning paneelide tootlikkus väiksem
5. Hajutatud kiirguse osakaal on Eestis suur ning järgimissüsteemide tasuvus on pikaldane

Projektis käsitletakse SolarEst-i poolt pakutavaid monokristalseid paneele, mis paigaldatakse maaraami külge. Kokku paigaldatakse 270 W paneele 40 tükki koguvõimsusega 10,8kW [17]. PV-paneelide kaoks arvestatakse 9 %, saades koguvõimsuseks 9,83 kW.

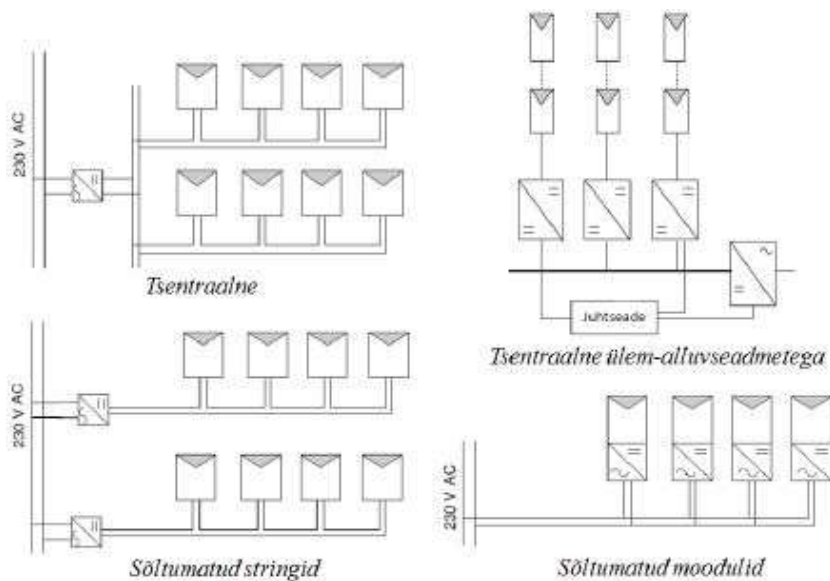
Teades paigaldatava PV – paneelide võimsust (10,8 kW) on võimalik arvutada paneelide prognoositav aastane tootlikkus. Kasutades internetis tasuta tarkvara PVGIS, mis arvutab tootlikkuse objekti asukoha järgi. Programmi sisestatakse paigaldatavate paneelide asukoht, paneelide võimsus, kaldenurgad jne. PVGIS kasutab arvutustes 1981 – 1990 a.

mõõtejaamadest kogutud kuu keskmisi hajukiirguse andmeid [4]. Tabelis 6.1 on toodud projekteeritava päikese elektrijaama tootlikkus aastas kuude kaupa.

Tabel 6.1. Prognoositav aastane keskmine tootlikkus

| Kuu | Keskmine tootlikkus päevas, kW | Keskmine tootlikkus kuus, kW |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Jaanuar | 5,46 | 169 |
| Veebruar | 12,40 | 349 |
| Märts | 28,00 | 867 |
| Aprill | 41,60 | 1250 |
| Mai | 47,10 | 1460 |
| Juuni | 46,80 | 1400 |
| Juuli | 43,60 | 1350 |
| August | 38,00 | 1180 |
| September | 27,10 | 813 |
| Oktoober | 14,10 | 437 |
| November | 5,55 | 167 |
| Detsember | 3,55 | 110 |
| Aastane tootlikkus, kW | | 9550 |

Sõltuvalt inverterist saab PV– paneele omavahel ühendada kasutades erinevaid viise (Joonis 6.2). Eristatakse tsentraalset süsteemi, kus moodulite ühendamisel kasutatakse jadamisi stringe. Suurte võimsuste juures saab ühendada paralleelselt mitu stringi ühele muundurile. Süsteemi puudusteks on stringis olevate diodide töökindlus ning nende kaod. Tsentraalse ülem-alluvus seadmetega süsteemis on võimsuse tõstmiseks lihtne teostada laiendamist, kuid puuduseks on varjudest tekkivad suured kaod. Kasutades sõltumatute stringide meetodit väheneb alalisvoolu juhtmete kasutamine. Samuti on see sobilik kasutamiseks kohtades, kus on oht varjude tekkimiseks. Sõltumatute moodulite süsteem on eelnevatest variantidest madalaima kasuteguriga ning kallim, kuid laiendust ja kaabeldust on lihtsam teostada. Samuti on see optimaalseim lahendus rohkete varjude korral [4].



Joonis 6.2. PV - paneelide ühendus topoloogia [4]

Antud projektis kasutatakse paneelide ühendamiseks sõltumatute stringide topoloogiat (Joonis 6.2), jagades paneelid kaheks jadamisi ahelaks kahe inverteri vahel vastavalt 20 ja 20, võimsusega 5,4 kW ja 5,4 kW. Kahe inverteri kasutuse põhjendus on toodud peatükis 6.1.3. Sõltumatute stringide topoloogia on kasutusel, sest on oht varjude tekkele. Paneelid ümbritsevad igalt poolt erinevad objektid – hooned ja puud. Paneelide asukoht sai valitud sõltuvalt kliendi soovidest ning kõige optimaalsema asukoha järgi, kuid päikese tõusu ja loojumise ajal tekivad siiski varjud, mis vähendavad tootlikkust. Lisaks on kliendile lihtsam süsteemi tulevikus laiendada.

Kahe paneeli kohta installeeritakse optimeeria (MPPT – maksimaalse võimsuspunkti jälgimine) (Joonis 6.3). Optimeeria reguleerib paaneeli tootlikkust, vähendades varjudest ja mustusest põhjustatud kadusid ning tõstab tootlikkust kuni 25 %. Optimeeria kinnitatakse paneeli raami külge. Riketel või inverteri väljalülitusel alandab optimeeria väljundpinge 1 V. Optimeerijana kasutatakse P350I optimeeriat SolarEdge-i tehnoloogial IndOP™, mis võimaldab kasutada teiste tootjate inverteereid ning ei vaja lisäühenduse installeerimist [6].

Teades paneelide ühenduse topoloogiat on võimalik arvutada PV– paneelide ahelas lühisvool, summaarne väljundpinge tühijooksul ($U_{Ock\Sigma}$) ning summaarne minimaalne pinge maksimum võimsusel ($U_{MMP\Sigma}$). Ühe mooduli tühijooksupinge ja minimaalne pinge maksimum võimsusel 25° C juures on vastavalt 38,4 V ja 31,4 V ning lühisvool 8 A [17]. Arvestatud on paneelide tootlikkust sõltuvalt temperatuurist, mis tõuseb/langeb 0,33 % ühe kraadi

langemisel/tõusmisel. Lähte temperatuuriks talvisel ajal määratakse $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ning paneelide pinna temperatuur suvisel ajal $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ [13], [16].



Joonis 6.3. SolarEdge optimeeria IndOP™ tehnoloogiaga [6]

Summaarne väljundpinge tühijooksul leitakse valemiga:

$$U_{OCK\Sigma} = \left(\frac{U_{OC} * 0,33 * |-5 - 25|}{100} + U_{OC} \right) \times 20 \quad (6.1)$$

kus, $U_{OCK\Sigma}$ – summaarne ahela tühijooksu pinge, V

U_{OCK} – mooduli pinge tühijooksul (temperatuuril $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), V

Summaarne minimaalne pinge maksimum võimsusel leitakse valmiga:

$$U_{MMP\Sigma} = \left(U_{MMP} - \frac{U_{MMP} * 0,33 * |25 - 70|}{100} \right) \times 20 \quad (6.2)$$

kus, $U_{MMP\Sigma}$ – summaarne minimaalne ahela pinge maksimum võimsusel, V

U_{MMP} – ühe mooduli pinge maksimum võimsusel (temperatuuril $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), V

Tulemusteks saadakse vastavalt:

$$U_{OCK\Sigma} = \left(\frac{38,4 * 0,33 * |-5 - 25|}{100} + 38,4 \right) \times 20 = 844\text{ V}$$

$$U_{MMP\Sigma} = \left(31,4 - \frac{31,4 * 0,33 * |25 - 70|}{100} \right) * 20 = 534\text{ V}$$

Päikesepaneelide ühe ahela lühisvooluks on 8 A, sest tegemist on jadamisi ahelaga. Summaarseks tühijooksu pingeks ahelas saadakse 844 V ning ahela summaarne minimaalne pinge maksimum võimsuse juures on 534 V. Eelnevalt leitud ahelate väärtustega tuleb arvestada inverteri valikul.

Vastupidises stsenaariumis, kus teatakse paigaldatava inverteri ja paneeli väärtusi, on võimalik arvutada vajalik paneelide kogus. Tuleb teostada n.ö tagurpidi arvutus, jagades inverteri sisendpingete väärtused vastavate paneelide väärtustega. Näiteks, inverteri maksimaalne sisendpinge on 1000 V ja paneeli tühijooksupinge temperatuuril $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ on 41,4 V. Saadakse maksimaalseks paigaldatavaks paneelide koguseks 24 paneeli. Jagades inverteri vähima sisendpinge (mille juures seade töötab) paneeli pingega maksimum võimsusel, saab arvutada vähima paigaldatavate paneelide arvu. Näiteks, inverteri vähim sisendpinge on 300 V ning paneeli väljundpinge maksimum võimsusel (kui paneelide pinna temperatuur on $70\text{ }^{\circ}\text{C}$) on 27,8 V. Tulemuseks saadakse 11 paneeli. Inverterile ühendatavate paneelide arv on vahemikus 11 – 24, jada ühendusel. Erinevate topoloogiate kasutusel, tuleb arvesse võtta paneelide ühenduse viise – jada- või rööpühendus. Kontrolliks tuleks arvutada valitav paneelide summaarne väljundvõimsus, mis peab olema vastavuses inverteri sisendvõimsusega.

6.1.3. Inverteri valik

Inverterit kasutatakse PV-paneelidest toodetud alalisvoolu muundamiseks vahelduvvooluks, mis suunatakse edasi kilpi JK JUHT. Inverteri valikul tuleb lähtuda kindlatest kriteeriumitest, mis on sätestatud ettevõtte Elektrilevi OÜ poolt mikrotootjatele [1].

1. Elektrivõrku ühendamiseks elektritootmiseseadme võimsus võib olla kuni 11 kW.
2. Inverteri valikul tuleb lähtuda Elektrilevi poolt väljastatud sobilike inverterite loetelust.

Juhul, kui soovitakse kasutada inverterit, mida ei ole loetelus mainitud, tuleb esitada vastavussertifikaat [1].

Sobiliku inverteri valikul PV – süsteemi tuleb arvestada peatükis 6.1.2 arvatud ahela parameetritega. Valitav inverter peab vastama järgmistele kriteeriumitele:

- 1) Sisendvõimsus suurem kui 5,4 kW
- 2) Sisendpinge suurem kui 844 V
- 3) Vähim tööpinge alla 534 V
- 4) Lühisvoolu taluvus suurem kui 8 A
- 5) IP aste vähemalt IP 44

Lähtudes eelnevalt püstitatud kriteeriumitest, valitakse Elektrilevi poolt väljastatud loetelust kaks võimalikku inverteri tootjat. Seadmete valikul käsitletakse kahe ettevõtte SolarEdge ja Fronius seadeid. Eelmainitud firmadel on pikaajaline kogemus erinevate päikesepaneelide süsteemide koostamisel ning vajaliku tehnoloogia arendamisel. Lisa klausel inverteri valikul on lihtne ühendus ja kommunikatsioon seadme ja akupanga vahel. Hetkel pakub SolarEdge ühefaasilist inverterit SE5000 (RWS) reservtoiteallikaga süsteemi (Joonis 6.4), millesse on ehitatud kommunikatsioon akupangaga. Analoogse lahendusega kolmefaasiline inverter valmib SolarEdge-il 2016. aasta lõpus. Seevastu ettevõtte Fronius pakub juba turul sama võimekusega kolmefaasilist inverterit Fronius Symo 4.0-3-S (hübriid) (Joonis 6.5). Inverterite võrdlus on toodud tabelis 6.2.



Joonis 6.4. SE5000 (RWS) [6]



Joonis 6.5. Fronius 4.0-3-S (hübriid) [26]

Tabel 6.2. Inverterite SE500 (RWS) ja Fronius 4.0-3-S võrdlus [6], [26]

| Toode | Nõutud | SE5000 (RWS) | Fronius Symo 4.0-3-S (hübriid) |
|-------------------------|--------|--------------|--------------------------------|
| Maksimaalne sisendpinge | 844 V | 500 V | 1000 V |
| Minimaalne sisendpinge | 534 V | 400 V | 150 |
| Sisendvõimsus | 5,4 kW | 6,75 kW | 6,5 kW |
| Lühisvoolu taluvus | 8 A | 19,5 A | 24 A |
| IP aste | IP 44 | IP65 | IP65 |
| Stringide arv | - | 1 | 2 |

Mõlemal inverteril on sisse ehitatud alalisvoolu kommunikatsioon akupangaga ehk ei ole vaja paigaldada lisa seadet, mis muundaks paneelidest toodetud alalisvoolu akupanga laadimiseks

sobilikule tasemele. Elektripaigaldis projekteeritakse kolmefaasilise süsteemina, mistõttu tuleks kasutada kolme SE5000 (RWS) inverterit. Teoreetiliselt on võimalik selline lahendus, kuid teatud mõõndustega. Esiteks, ei tohi kasutada elektripaigaldises kolmefaasilisi tarbijaid, sest inverterite väljundvoolude faasinurgad on nihkunud. Teiseks, inverterite väljundid peavad olema üksteisest täielikult eraldatud, kasutades ühte inverterit ühe faasi jaoks. Kolmandaks, paigaldada süsteemi lisaseade, mille väljundiks on korrigeeritud faasinurkadega kolmefaasiline vool. Võttes arvesse kolme eelmist punkti, suureneb paigaldise maksumus ning ei suudeta garanteerida, et tellijal ei ole soovi kunagi kasutada kolmefaasilisi seadmeid. Tabeli 6.2 alusel on Fronius Symo 4.0-3-S (hübriid) inverteri sisendvõimsuseks 6,5 kW, kuid kokku installeeritakse paneele võimsusega 10,8 kW. Seega tuleks kasutada kahte inverterit ning paneelid jagada kahte gruppi (20 ja 20), saades ühe ahela võimsuseks 5,4 kW. Fronius Symo 4.0-3-S inverterit ei ole nimetatud Elektrilevi poolt väljastatud loetelus ehk tuleb esitada vastavussertifikaat. (Lisa 1, peatükk 6.2).

Fronius hübriid inverteri tehnoloogial on võimalik valida lisaks veel kahe seadme vahel, mis on eelnevalt loetletud Elektrilevi nimekirjas. Versioonil 3.0-3-S on sisendvõimsuseks 5 kW ehk antud juhul jääb puudu ning versioonil 5.0-3-S seevastu 8 kW. Säilib vajadus kahe inverteri kasutuseks ning seevastu suureneks üledimensioneerimine.

Inverteritel SE5000 (RWS) ja Fronius Symo 4.0-3-S (hübriid) on lihtne teostada ühendust akupangaga. Akupanka on võimalik ühendada otse inverterisse ning ei teki vajadust kasutada laadimiseks ning tühjenemiseks lisaseadmeid. Muutes algselt valitud seadmete ühenduste topoloogiat lihtsamaks. Joonisel 6.6 on näidatud lõplik elektripaigaldise seadmete vaheline ühenduse skeem.

Päikesepaneelide tootlikkuse monitooringuks tuleb võimaldada mõlemale inverterile interneti ühendus, kasutades *Wifi*-t või andmesidekaablit. SE5000 ja Fronius Symo-le on eelnevalt installeeritud seire seade (*Data logger*), mis väljastab toodetud ja hetke elektrienergia toodangu informatsiooni. Paneelide tootlikkust on võimalik jälgida lehekülgedel www.monitoring.solaredge.com ja www.solarweb.com (Fronius tooted). Inverterisse sisseehitatud kontrolloriga on võimalik seadistada inverteri ja akupanga vaheline töö omal soovil. Seadistusi saab teha käsitsi või kasutades interneti lehekülge www.solarweb.com. Võimaldades inverteril suunata toodetud elekter esmalt akupanga laadimiseks ja peale akupanga täitumist kasutada toodetud elektrit eramu tarbeks. Lisaks on võimalik jagada

akupanka ning perspektiivsete valikutena Tesla akupankasid. Seevastu on võimalik SolarEdge-i inverteritega kasutada Tesla akupankasid [6], [26].

Eramu päevane elektrienergia tarbimine on üsnagi suur (202 kWh), millest suurem osa kulub maja kütmiseks. Teades jaanuarikuu keskmist suurimat energia tarbimist ühes tunnis (12,2 kWh), saab valida Fronius-e akupankade seast sobiliku mahtuvusega akupanga, mis rahuldaks tellija nõudmised. Nomenklatuurist valitakse Fronius Solar Battery 12,0 kWh (Joonis 6.7), mis põhineb liitiumaku tehnoloogial. Valitud akupanga tühjakslaadimise piirmäär on 80 % (DOD – *Depth of Discharge*) ehk suudetakse toita eramu tarbimist peaaegu ühe tunni [26]. Lisa akupanga kasutuselevõtt või kahe väiksema akupanga kasutamine ei ole otstarbekas, sest paigaldise hind kallineb ning märgatavat autonoomsusaja pikenemist ei oleks. Öisel ajal, kui keskmine tarbimine on 6,5 kWh, saavutatakse autonoomsuseks umbes kaks tundi. Akupanga mahtuvust mõjutab temperatuuri faktor ehk mahutavus sõltub seadet ümbritseva keskkonna temperatuurist. Ruumi temperatuuri langemisega väheneb akupanga mahutavus ja tõusmisel vastupidi. Akupanga vähimaks töötemperatuuriks on 5°C, mille juures on akupanga mahutavus 22% võrra väiksem [13].



Joonis 6.7. Fronius Solar Battery 12.0 [26]

Tabel 6.3. Akupankade võrdlus [14], [26]

| Tooted | Tesla <i>power wall</i> 6,8 kWh | Tesla <i>power wall</i> 9,8 kWh | Fronius <i>Solar Battery</i> 12,0 kWh |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Laadimisvõimsus, kW | 3,3 | 3,3 | 6,4 |
| Laadimis vool, A | 12,5 | 14 | 16 |
| Tühjenemistüklite arv | 5000 | 1000-1500 | 8000 |
| Akupankade kogus 1h autonoomsuseks (12,2 kWh tarbimisel) | 4 | 2 | 1 |
| Ühilduvus Fronius Symo 4.0-3-S | Arendamisel | Arendamisel | Jah |

Akupanga autonoomsust on võimalik pikendada, paigaldades eramu jaotuskilpi kontrolleri või kasutades kontaktorlülitust, lülitades katkestuse ajal välja mittetarvilikud ahelad. Nendeks võivad olla näiteks välisvalgustus, majaesise või käigutee soojustus jms eesmärgiga vähendada eramus olevate tarbijate hulka. Oletame, et suudetakse tarbitavat elektrienergia hulka alandada 40 % võrra, mille tulemusena jääb tipputarbimise ajal tarbitavaks energia koguseks 7,2 kWh. Seega valitud 12,0 kWh akupangaga on võimalik tekitada 1,3 tunnine autonoomsus. Lisaks võimaldab selline lahendus kasutada väiksema mahutavusega akupanka, täitmaks tellija nõudmisi, mille arvelt väheneb elektripaigaldise maksumus. Eelnevalt kirjeldatud lahendust ei ole antud objektile küll võimalik kasutada, sest tellija sooviks oli kasutada kõiki elektritarbijaid võrgukatkestuste ajal.

Akupanga kasutamise täiendav eesmärk paigaldises on generaatori töö ühtlustamine. Ühtlustades tarbimishüppeid ning vähendades generaatori koormust võimaldatakse stabiilne töö, pikendades generaatori eluiga ning vähendades hoolduskulusid. Akupanga ja generaatori koostööks tuleb installeerida liitumiskilpi Fronius Smart Meter (Joonis 6.8). Tegemist on kahe-suunalise targaarvestiga, mis mõõdab toodetud ja tarbitud elektri koguseid, edastades info inverteri kontrollerrisse, mille alusel toidetakse eramu tarbimist vastavalt eelseadistustele. Lisaks tuvastab arvesti võrgukatkestusi ning neil juhtumel edastatakse signaal inverteri kontrollerrisse, mille tulemusena vastavalt seadistusele hakatakse eramu energia vajadust täitma PV-süsteemiga. Kommunikatsiooniks targa lugeri, akupanga ning inverteri vahel kasutatakse CAT5 FTP 4x2x0,5 andmesidekaablit [26].



Joonis 6.8. Fronius Smart Meter [26]

6.2. Generaatori valik

Diisलगeneraator on elektrisüsteemis kasutusel reservtoiteallikana, mis hakkab toitma eramaja tarbimist juhtudel, mil põhivõrgus esineb rike ning PV – paneelidest muundatud elektrist jääb väheks ja puudujääv osa kompenseeritakse generaatoriga. Kui elektrivõrgus toimub öisel ajal rike, siis on peale akupanga tühjenemist generaator ainus toiteallikaks terve maja tarbimisele.

Generaatori võimsuse valikul lähtutakse tarbitavast koormusest ehk eramus tarbitavast võimsusest. Majas tarbivad erinevad seadmed elektrit. Ühe elektriseadme puhul on lihtne määrata tarbitavat võimsust, mis on üldjuhul välja toodud seadme sildil või kasutusjuhendis. Lugesdes kokku kõigi seadmete võimsused saame installeeritud võimsuse. Kõiki seadmeid ei kasutata üheaegselt, mistõttu tuleb lähtuda tarbitavast võimsusest [7]. Kahjuks ei ole eramu ning selle jaotuskilbi kohta asjakohaseid jooniseid. Seega arvutustes lähtutakse eramaja peakaitsme nimivoolust (32 A), millega arvutatakse välja eramu maksimaalne tarvitav võimsus. Lisaks tuleb arvestada tarbimise nõudlusteguriga, mis jääb vahemikku 0,3 – 0,7, sest kõik seadmed ei ole samaaegselt kasutuses.

Maksimumvõimsust on võimalik arvutada valemiga:

$$P_M = U \times I \times 3 \times \cos\varphi \quad (6.3)$$

kus P_M – maksimumvõimsus, kW

U – pinge, V

I – vool, A

$\cos\varphi$ – võimsustegur

$$P_M = 230 \times 32 \times 3 \times 0,97 = 21,3 \text{ kW}$$

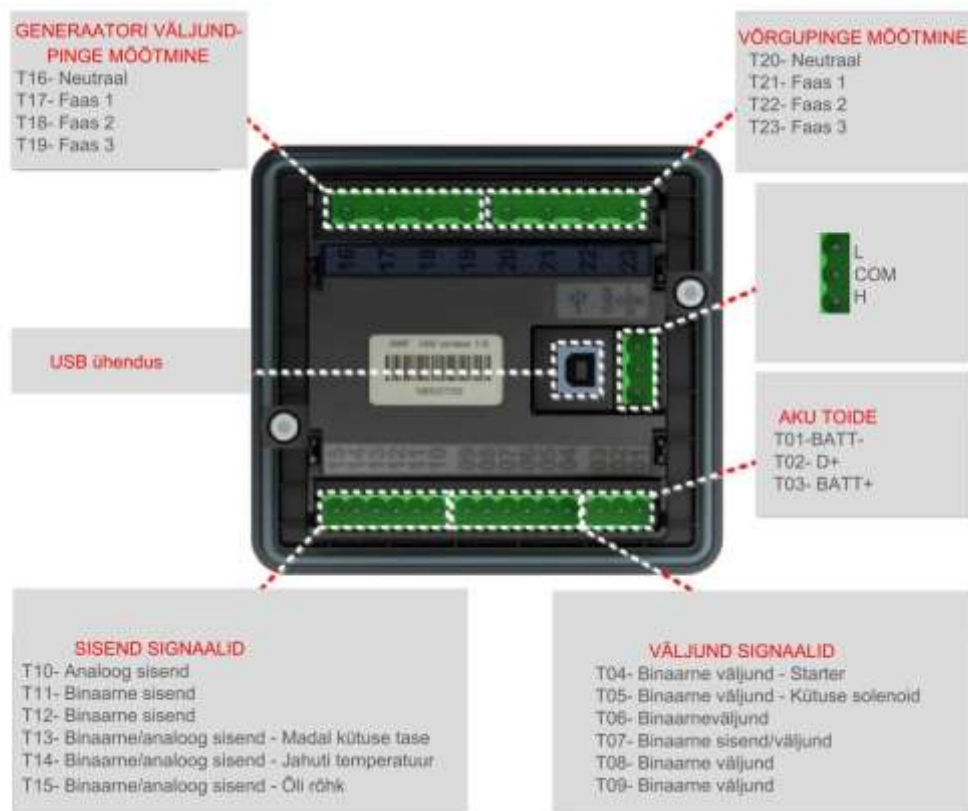
Leidmaks tarbitavat võimsust, tuleb eelnevalt saadud tulemus läbi korrutada ühtlustusteguriga, milleks võetakse 0,6. Eramu tarbitavaks võimsuseks saadakse 12,78 kW.

Lisaks tuleb arvestada, et diisलगeneraator ei suuda efektiivselt töötada nimiparameetrite piires ning taluda koormuse tõukeid, mis võib olla põhjustatud suurema hulga seadmete või elektrimootorite sisselülitusest. Generaatori seiskumise võib põhjustada generaatori tühi-jooksul sisse lülituv koormus, juhul kui koormus on 60 – 65 % generaatori nimivõimsusest. Lahenduseks on võimalik kasutada generaatoril püsिमagnet ergutust (PMG) või AREP ergutust. Viimase puhul on generaatori staatorisse keritud lisamähised. PMG ergutust on võimalik hiljem juurde installeerida, kuid kasutades AREP ergutust tuleb see eelnevalt generaatori ehitusel paigaldada. Mõlema ergutusega on võimalik generaatorit hetkeliselt ülekoormata 2 – 3 korda [10].

Generaatori töö juhtimiseks ning välistamiseks generaatori ja võrgupinge kokkusattumist, kasutatakse klassikalist lahendust – elektrilise ja mehhaanilise blokeeringuga lülitust. Diisलगeneraator käivitub viivitusega (5 sekundit) peale mõõdetava pinge langemist alla sätestatud väärtuse (90 % nimipingest). Enne koormuse ümberlülitamist stabiliseerib generaator väljundpinge ja sageduse. Stabiliseerimine võtab aega keskelt läbi 10 sekundit ehk eramu on toiteta 15 sekundit. Võrgupinge taastumisel ei lülitu generaator koheselt välja, vaid teeb seda viivitusega, umbes kolm minutit. Veendudes, võrgutoite stabiilsuses, lülitub koormus generaatorilt võrgutoitele. Generaator seiskub peale järeljahutus perioodi kolme minuti jooksul [10].

Lähtudes eramu tarbitavast koormusest 12,78 kW valiti SDMO poolt toodetav kolmefaasiline 17,2 kW generaator K22 (Joonis 6.9) PMG ergutusega, sest juhtudel, mil võrgukatkestus

töötamiseks ette nähtud töökeskonna temperatuuri vahemikke, milleks on $-20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Madal temperatuur ei ole niivõrd probleemiks kui kõrge temperatuur, sest generaator eraldab töötades võimsust soojuse kujul, täpsemalt eraldub soojuseks 2307 W [11]. Ruumi kõrge temperatuur võib põhjustada seadmete riknemist ning kilbis asuvate liikikaitselülitite termovabastite väärat rakendumist, kui kaitselülitit ümbritseva keskkonna temperatuur on kõrgem kui $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12].



Joonis 6.10. Kontroller AMP303 [11]

Generaatori tööks nominaalsetel tingimustel võib sissetõmmatava õhutemperatuur olla maksimaalselt $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ning kõrgem temperatuur võib kahjustada masinat. Peamine oht võib tekkida soojadel suvekuudel. Remonttööde ajal inimeste ja teiste seadmete kaitseks ning korrektseks tööks on vaja paigaldada generaatorile juurde ventilatsioon, mis juhiks heitgaasid välja ja jahutaks ruumi aegadel, mil generaator on töös.

7. PROJEKTEERIMINE

7.1. Elektripaigaldise kaitseahelad

7.1.1. Liigvoolu kaitse

Juhtmete ja kaablite kaitseks kasutatakse liinikaitselüliteid, millesse on ehitatud elektromagnetvabasti lühise kaitseks ja termovabasti liigkoormuse kaitseks. Liinikaitselülid on ühe- kuni neljapooluselised ning on võimalik valida erinevate rakendumistunnusjoonte vahel, millest levinumad on B-, C- ja D- rakendumistunnusjoon (Joonis 7.1). Väikese sisselülitusvooluga seadmete kaitseks kasutatakse B- rakendumistunnusjoonega kaitselülitit, mis peab kolme- kuni viiekordse nimivoolu korral rakenduma koheselt. Suuremate voolude puhul on rakendus aega alla 0,1 s. Ahelates, kus võib esineda normaalolukorras suuremaid voolutõukeid, tuleb kasutada C- rakendumistunnusjoonega kaitselüliteid. B- ja C- rakendumistunnusjoonte erinevused on toodud tabelis 7.1 [8].

Liinikaitselüliti nimivoolu valikul peab lähtuma üldnõudest [8]:

$$I_{arv} < I_{kn} < I_{k\ lub} \quad (7.1)$$

kus I_{arv} – vooluahela arvutuslik vool,
 I_{kn} – kaitseparaadi nimivool
 $I_{k\ lub}$ – kaabli lubatav kestev vool, A

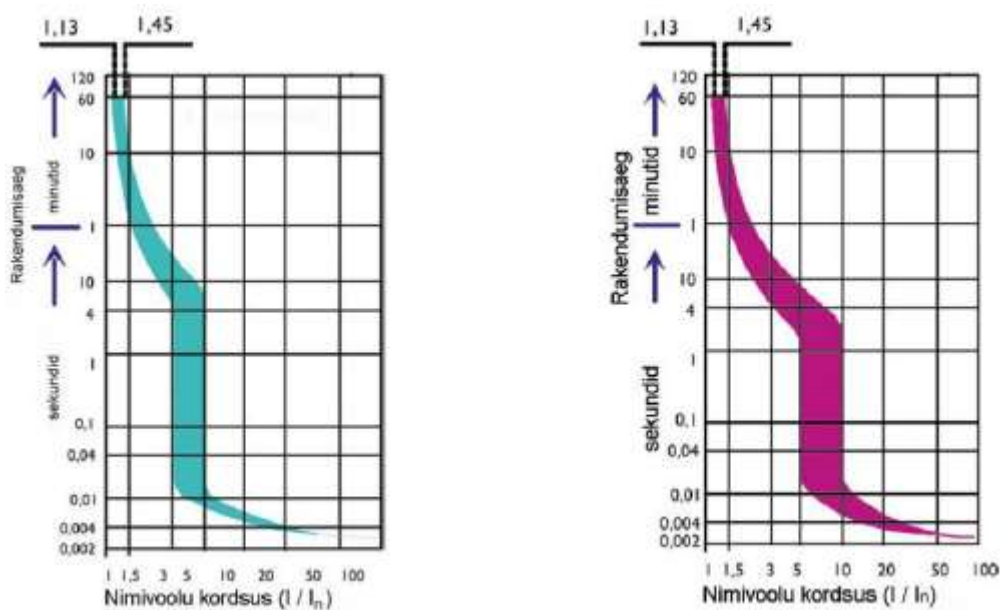
Teades ahelas võimalikku esinevat lühisvoolu, saab valida kaitselüliti lahutusvõime (I_{cu}), mille puhul peab kaitse rakenduma. Lahutusvõime valikul tuleb lähtuda liinis maksimaalse võimaliku lühisvoolu tekkega. Valitud kaitselüliti lahutusvõime peab olema suurem kui liinis esinev lühisvool. Liinikaitselülite lahutusvõimed on standardiseeritud ning on võimalik valida 3 kA, 4,5 kA, 6 kA ja 10 kA suuruste vahel [18].

Lihtsaimaks viisiks kaitsta liine ja seadmeid on kasutada sulavkaitsmeid, katkestades vooluahela kui vool ületab lubatud väärtuse. Üldjuhul on ehituslikult sulavkaitsme põhiosaks kergsulavmetall (tsink, hõbe). Sulari koosteks on traat, varras või riba. Kuumenedes elektrivoolu toimel ning rakendumisvoolu korral sulab. Sular tuleb valida selline, et see ei taluks rohkem voolu kui kaitstav liin. Suurim võimalik vool sularil on tema nimivooluks. Talitlusviise on sularil kaks: püsiolukord ja liigkoormus. Püsiolukorras hajub eralduv soojus

ümbritsevasse keskkonda. Seevastu liigkoormusel tõuseb sulari ja sulavkaitsme temperatuur eralduva soojuse mõjul. Sõltuvalt sulari kujust, materjalist, ristlõikest ning pikkusest varieerub sulari suurim püsivool [8].

Tabel 7.1. Rakendumistunnusjoonte korduste ja rakendumisaegade erinevused [2]

| Termovabasti | | | Elektromagnetvabasti | | |
|--------------|-----------|------------------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Tunnusjoon | Teimivool | Rakendumis- aeg I_{rak} | Hoidevool I_h | Rakendumis- vool I_{rak} | Rakendumis- aeg t_{rak} |
| B | $1,13I_n$ | $>1h$ | $3I_n$ | $5I_n$ | $> 0,1 s$ |
| | $1,45I_n$ | $<1h$ | | | $< 0,1 s$ |
| C | $1,13I_n$ | $>1h$ | $5I_n$ | $10I_n$ | $> 0,1 s$ |
| | $1,45I_n$ | $<1h$ | | | $< 0,1 s$ |



Joonis 7.1. B- ja C-rakendumistunnusjooned [2]

Sulari reageerimine kordsetele nimivooludele iseloomustab järgnev [8]:

- 1,3 -1,4 kordsele nimivoolule ei tohi sular reageerida
- 1,6 kordse nimivoolu juures peab sular reageerima kahe tunni jooksul
- Suurtemate voolude puhul peab reageerimine olema kiirem

Sulari reageerimisaega on võimalik kiirendada, kasutades erilise kujuga sulareid või metallurgilist efekti. Erilise kujuga sularitel kasutatakse enamasti kohaliku kitsenemist, mille puhul jaguneb nimivoolu juures soojus metallil võrdselt. Suuremate vooludega jõuab väike osa soojusest laiematesse kohtadesse, seega soojenevad kitsamad kohad kiiremini ja sular põleb läbi. Metallurgilise efekti puhul kasutatakse kergsulav metalle, tina või plii, mis vedelas olekus on võimelised lahustama mõnda rasksulavat metalli, hõbe või vask. Tekkiva lahuse sulamistemperatuur on väiksem, kuid takistus suurem ehk sular reageerib sama aja vältel väiksema vooluga või kiiremini samal voolul [8].

Ainuüksi seadmete ja liinide kaitsmisest elektripaigaldises ei piisa. Pole olemas ideaalset isoleermaterjali, mistõttu võib tekkida töökorras juhtide ja elektriseadmete pingestamisel vool juhtide ning maavahelises isolatsioonis, mida nimetatakse lekkevooluks. Korras isolatsiooni ja 230 V faasipinge juures on lekkevooluks 0,5 mA, mis ei ole ohtlik elektriseadmetele ja eeskätt inimestele. Lekkevoolu suurenedes üle ohutupiiri nimetatakse rikkevooluks, mis võib olla põhjustatud maahendusest liinis, elektriseadmete kereühendusest, isolatsiooni halvenemisest (kohalik või üldine). Esemete, loomade ja inimeste kaitseks kaudse- või otsese puute eest ohtliku pingega, kasutatakse rikkevoolu kaitselüliti. Inimestele loetakse rikkevoolu ohtlikuks, kui see on üle 10 mA [8].

Ruumides kus on niiske ja röske ning samuti ka välitingimustes tuleb kasutada pistikupesade ja valgustite ahelate ees rikkevoolu kaitselüliteid. Pistikupesadele kuni 20 A, mis on mõeldud kasutuseks elektriõhust mitte teadlikele inimestele, tuleb ette näha lisakaitseks rikkevoolukaitselüliti rakendusvooluga kuni 30 mA [23].

7.1.2. Kaitselülite valik

Reservtoiteallikaga elektrivarustuse projekti koostamisel on arvestatud installeeritavate seadmete tehnoloogiat ja koormustega, mille alusel saab leida arvutuslikud voolud. Reservtoiteallikatel tuleb arvestada väljundvooludega, mille leiab seadmete andmelehtedelt. Projekteeritavas elektripaigaldises võidakse kasutada pistikupesadesse ühendatud seadmeid, mille sisselülitus võib põhjustada voolutõukeid. Seega kasutatakse C– rakendumis-tunnusjoonega ning valgustuse kaitseks B– tunnusjoonega kombikaitselüliteid ehk kaitselüliti koos rikkevoolukaitselülitiga .

Näitena arvutatakse inverterist juhtimiskilpi suunduva liini kaitselüliti vool teades installeeritavate inverterite väljundvõimsusi (summeerituna 9,18 kW).

Arvutuslik vool kolmefaasilises süsteemis:

$$I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3} \times U_L \times \cos\varphi} \quad (7.2)$$

kus I_a – arvutuslik vool, A

U_L – liinipinge, V

$\cos\varphi$ – inverteri kasutegur

$$I_a = \frac{9180}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 13,65 \text{ A}$$

Järgmise etapina valitakse kaitselülite loetelust lähim suurim kaitselüliti rakendumisvool, milleks on 16 A. rakendumisvoolu valikul peab olema tagatud peatükis 7.1 esitatud tingimus 7.1. Tabelis 7.2 on esitatud projekteeritavate liinide ja seadmete kaitselülidid.

$$I_{arr} < I_{kn} \Rightarrow 13,65 < 16$$

Elektripaigaldiste projekteerimisel tuleb alati arvestada lühisvooludega, mis võivad tekkida erinevatel põhjustel – niiskusest või kuumusest põhjustatud isolatsiooni vead jne. Enamus juhtudel on tegemist faasijuhi ja maa vahelise lühisega (80 %). Faaside vahelised lühised esinevad märksa harvemini – kahefaasiline lühis 15 % juhtudest ning kolmefaasivaheline lühis 5 % juhtudest. Suurimad lühisvoolud tekivad kolmefaasilistel lühistel ning kõige väiksemal teekonnal. Veendumaks, et projekteeritud kaitseviisid suudavad lahutada maksimaalset lühisvoolu, tuleb teha lühisvoolu arvutused. Valesti valitud kaitseaparatuur võib viia aparatuuri süttimiseni.

Projekteeritavas elektripaigaldises arvutatakse lühisvool liitumiskilbist kuni jaotuskeskuseni JK JUHT kasutades valemit 7.3 [21].

$$I_{sc3} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{sc}} \quad (7.3)$$

kus I_{sc3} – kolmefaasilise lühise vool, A

Z_{sc} – kaabli ühe faasisoone näivtakistus, Ω

U – kahe faasi vaheline pinge, U

Liitumiskilbi võimaliku kolmefaasilise lühisvoolu suurus saadakse Elektrilevi poolt väljastatud andmetest, milleks on 1053 A. Järgnevalt avaldatakse ühe faasisoone takistus valemist 7.3.

$$Z_{sc} = \frac{U/\sqrt{3}}{I_{sc3}} = \frac{400/\sqrt{3}}{1053} = 0,219 \Omega$$

Eelnevalt arvatud takistus on liitumispunktini. Saamaks teada faasijuhtide takistust alajaamast jaotuskeskuseni JK JUHT, tuleb leitud takistusele juurde liita toitekaabli takistus. Kahe jaotuskeskuse vaheliseks kaabliks kasutatakse AMCMK 3x16/10 alumiiniumkaablit, mille takistuse leiab tootja Draka Keila Cabeles andmebaasidest. Arvutustes kasutatakse ainult kaabli aktiivtakistust, sest alla 70 mm² ristlõigetega kaablite reaktiivtakistus on väike ning selle võib jätta arvestamata. Valitud AMCMK kaabli aktiivtakistuseks on 1,91 * 10⁻³ Ω meetri kohta [3]. Kolmefaasilise lühisvoolu suuruseks jaotuskeskuses JK JUHT saadakse:

$$I_{sc3} = \frac{400/\sqrt{3}}{0,219 + 60 * 1,91 * 10^{-3}} = 692 A$$

Järgnevalt kontrollitakse valitud kaabli lühise taluvust ühe sekundi jooksul. Draka Keila Cabeles andmebaasi põhjal talub AMCMK 3x16/10 lühisvoolu 1,5 kA ühe sekundi jooksul, olles suurem arvatud tulemusest. Saadud tulemuse põhjal saab määrata jaotuskeskuse lühisvoolu taluvust, selleks valitakse kaitseaparatuuride lühisvoolude nomenklatuurist 3 kA lahutusvõimega kaitselüliti.

Ühefaasiline lühisvool ehk väikseim lühisvool tekib faasi- ja kaitsejuhi vahel. Ühefaasilise lühisvoolu arvutustega selgub, kas valitud kaitse on õige nimivooluga ning rakendustunnusjoonega. Tabelist 7.1 on väljatoodud kaitselülite rakendumisajad. B- rakendustunnusjoonega kaitselüliti kiire rakendumine toimub viiekordse nimivoolu korral ning C- rakendustunnusjoonega kaitselüliti kümnekordse nimivoolu korral. Seega kaitselüliti C16 kiire rakendumine toimub 160 A juures ning kaitselüliti B16 kiire rakendumine 80 A juures.

Ühefaasilist lühisvoolu saab arvutada valemiga:

$$I_{sc1} = \frac{U_0 * c}{Z_{sc} + Z_{Ln}} \quad (7.4)$$

kus I_{sc1} – ühefaasilise lühise vool, A

U_0 – faasipinge, V

c – parandustegur

Z_{sc} – faasi näivtakistus, Ω

Z_{Ln} – kaitsejuhi näivtakistus, Ω

Liitumiskilbi võimaliku ühefaasilise lühisvoolu suurus saadakse Elektrilevi poolt väljastatud andmetest, milleks on 468 A. Faasijuhi ja kaitsejuhi takistuse saab avaldada valemist 7.4.

$$Z_{sc} + Z_{Ln} = \frac{U_0 * c}{I_{sc1}} = \frac{230 * 0,95}{468} = 0,466 \Omega$$

Järgnevalt on võimalik arvutada iga liini ühefaasiline lühisvool teades liitumiskilbi ja JK JUHT vahelise kaabli aktiivtakistust. Näitena arvutatakse pistikupesade grupi (GR.2) ühefaasiline lühisvool. Kaabli pikkus on 6 m ning kaablisoone ristlõige 2,5 mm². Teised saadud tulemused on toodud tabelis 7.2.

$$I_{sc1} = \frac{230*0,95}{0,466+2*60*1,91*10^{-3}+6*2*8,77*10^{-3}} = 272 \text{ A}$$

Maaraamile kinnitatud PVC korpuses on kasutusel inverterisse suunduvate liinide kaitseks gG tunnusjoonega sulavkaitsmed, mis on mõeldud põhiliselt juhtide kaitseks. Teades ühe paneeli ahela võimalikku lühisvoolu suurust (8 A), valitakse kilbist väljuva liini kaitseks 8 A sulavkaitsmed.

Tabel 7.2. Valitud kaitselülitite parameetrid

| Tarbija/liini nimetus | Kaitselülit | Arvutuslik-lühisvool, A | Nõutud lühisvool, A |
|-----------------------|-------------|-------------------------|---------------------|
| GR .1 (Liitumiskilp) | C32 | 1053* | - |
| GR. 3 (Liitumiskilp) | C16 | 1053* | - |
| GR. 1 (JK JUHT) | C32 | 692* | - |
| GR. 2 (JK JUHT) | C16 | 272 | 160 |
| GR. 3 (JK JUHT) | B10 | 186 | 50 |
| GR. 4 (JK JUHT) | B6 | 193 | 30 |
| GR. 5 (JK JUHT) | C16 | 692* | - |
| SW7 | gG8 | 8 | 8 |
| SW8 | gG8 | 8 | 8 |

* Kolmefaasiline lühisvool

7.1.3. Elektripaigaldise tugevvoolu kaablite valik ja paigaldamine

Peale kaitseaparatuuri valimist tuleb määrata toitekaablite ristlõiked – vältimaks ülekuumenemist ja pingekadu. Eelnevalt valitud generaatori väljundvool on üsnagi suur ning valides vale kaabli ristlõike, võib tagajärjeks olla kaabli kuumenemine mis omakorda viib rikkeni. Seetõttu ei tohi kaabli kuumenemise temperatuur ületada lubatud väärtust [7]. Õige kaabli margi valikul tuleb lähtuda tootja poolt määratud paigaldustingimustega. Selleks valitakse tootekataloogist kaablid, mis sobivad kohtkindlaks paigaldamiseks nii sise- kui välistingimustes. Välistingimustes kasutamiseks valitakse PVC isolatsiooniga 1kV alumiiniumkaabel AMCMK ja vaskkaabel MCMK. Sisetingimustes kasutatakse PPJ kaablit (Tabel 7.3) [3].

Projekteerimisel on lähtutud PV- süsteemi ja generaatori kui toiteallika väljundvooludest. Väljundvoolude suurused leiab seadmete andmelehtedest, mille järgi saab valida kaablite ristlõigete pindala paigaldusel pinnasesse standardi SFS 6000A alusel (Tabel 7.3) [2].

Tabel 7.3. Juhtide lubatud voolud pinnasesse paigaldamisel [2]

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Ristlõike pindala, mm ² | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 |
| Lubatud vool, A Vask kaablil | 26 | 35 | 46 | 57 | 77 | 100 | 130 | 160 |
| Lubatud vool, A Alumiinium kaablil | 26 | 35 | 46 | 57 | 77 | 78 | 100 | 125 |

Pikemate liinide puhul on otstarbekas kasutada lähtuvalt majanduslikust kasumist alumiiniumkaablit. Alumiiniumkaablid alla 16 mm² ei ole töökindlad ning nende kasutamine elektripaigaldistes on keelatud Eestis kehtivate standarditega [5]. Eelnevast lähtuvalt valitakse juhtimiskilbist liitumiskilbini paiknevaks toiteliiniks alumiiniumkaabel ristlõike pindalaga 16mm² ning päikesepaneelidest juhtimiskilbini liinikaabliks vaskkaabel ristlõike pindalaga 6 mm². Vaskkaabli valiku põhjuseks on lihtne ühendus sulavkaitsmetega ja inverteriga. Kasutades alumiiniumkaablit, tuleb kasutada klemmidele ja kaitselülitite ühenduseks spetsiaalset üleminekut alumiiniumkaablilt vaskkaablile. Valitud kaablite lubatud voolud peavad kehtima peatükis 7.1 esitatud üldnõudele 7.1. Näitena kontrollitakse 16 mm² alumiiniumkaabli lubatud voolu, teades, et ahelat läbiv vool saab olla suurim, kui generaator

on täiskoormusel töös, mille väljundvooluks on 31 A. Teiste kaablite lubatud voolud on toodud tabelis 7.4.

$$I_a < I_{klub} \Rightarrow 31 A < 78 A$$

Peale ristlõigete valikut teostatakse pingelangu arvutus, sest liin jaotuskeskuse JK JUHT ja liitumispunkti vahel on pikk (Joonis 3.1). Pingekao arvutuste tulemus ei tohi ületada 3 %, vastasel juhul tuleb kasutada suurema ristlõikega kaablit.

Arvutuses lähtutakse pikemaist liinist, sest mida pikem liin, seda suurem on pingelang. Kolmefaasilises 0,4kV liinis leitakse pingekadu järgmiselt:

$$\Delta U = \frac{100 \times P_a \times L}{\gamma \times U_L^2 \times S} \quad (7.5)$$

kus P_a – seadme arvutuslik koormus, V

L – liini pikkus, m

γ – kaabli erijuhtivus, $\frac{m}{\Omega \times mm^2}$

vaskkaabli erijuhtivus: $54 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$

alumiiniumkaabli erijuhtivus: $33 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$

U_L – liinipinge, V

S – kaablisoone ristlõige, mm^2

ΔU – pingekadu liinis, %

$$\Delta U_{al} = \frac{100 \times P_a \times L}{\gamma \times U_L^2 \times S} = \frac{100 \times 12\,780 \times 60}{33 \times 380^2 \times 16} = 1,01 \%$$

Arvutuste tulemus ei ületa kehtestatud 3 % pingelangu. Generaatorhoone siseste kaablite pingelangusid ei arvutata, sest kaablite pikkused jäävad alla 10 m. Tabelis 7.4 on toodud valitud kaablite ristlõiked. Kilbi siseste ühenduste jaoks valitakse kaabli ristlõiked lähtuvalt kaitseautomaadi amperaasist.

Tabel 7.4. Valitud kaablite ristlõiked

| Liinid | Ristlõike pindala, mm ² (Al/Cu) | Kaablite lubatud voolud, A | Kaabli mark |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Generaator => JK JUHT | 6 mm ² (Cu) | 43 | PPJ 5G6 |
| Liitumiskilp => JK JUHT | 16 mm ² (Al) | 78 | AMCMK 3x16/10Cu |
| Liitumiskilp => JK JUHT (juhtahel) | 2,5 mm ² (Cu) | 25 | MCMK 2x2,5/2,5Cu 3x2,5/2,5Cu |
| PV-paneelid => JK JUHT | 6 mm ² (Cu) | 57 | MCMK 2x6/6Cu |
| Kilbi sisene juhtmestik | 1,5 mm ² – 6 mm ² (Cu) | 18,5 – 43 | PL/ML/H07V-U |
| Gen. hoone pistikupesad | 2,5 mm ² (Cu) | 25 | PPJ 3G2,5 |
| Gen. hoone valgustus | 1,5 mm ² (Cu) | 18,5 | PPJ 3G1,5 |
| Generaatori omatarve | 1,5 mm ² (Cu) | 18,5 | PPJ 3G1,5 |

Jaotuskeskuses JK JUHT kasutatakse alumiiniumkaabli ühendamiseks spetsiaalset üleminekut. Generaatorhoonest kuni liitumispunktini paigaldatakse kaabel pinnasesse, tagades kõrgema töökindluse. Standardi SFS-EN 50086-2 alusel on kaabli paigaldamise sügavuseks tavakasutus alal 0,3 m kuni 0,5 m . Võimalike mehhaaniliste rikete (labidaga kaevamine jne) ja temperatuurist põhjustatud kahjustuste vältimiseks valitakse kaabli sügavuseks 0,7 m. Lisakaitkena paigutatakse kaabel paindlikusse kaablikaitsetorusse, kaitseklassiga B, mille kohale asetatakse 0,2 m sügavusele täies ulatuses hoiatuslint. Viitamaks võimalike pinnase kaevamistel kaabli asukohale [2]. Kaabli trassi täitmiseks võib kasutada eelnevalt eemaldatud pinnast, kuid täites ei tohi trassi sattuda suuri kive ega kasutada täiteks ehitusprahti.

Hoones asuvate seadmete ja generaatorivahelised ühendused teostatakse vaskkaabliga. Vältimaks mehhaanilisi vigastusi ning kokkupuudet inimese või loomaga kasutatakse PVC kaablikaitsetorusid. Seadmetest väljuvad kaablid paigaldatakse laeni või seinani paindlikusse kaablikaitsetorusse ning edasi kuni juhtimiskilbini on kasutusel jäigad PVC kaablikaitsetorud, mis kinnitatakse seintele või lakke.

7.1.4. Maandus

Maandus kui galvaaniline ühendus maaga elektroodide ning maandusjuhtide abil on elektriseadmestike üheks oluliseks osaks. Maanduse esmaseks eesmärgiks on piirata riketel esinevaid ohtlikke pingeid – puute- ja sammupinge. Lisaks on maandamise ülesandeks takistada [2]:

- ohtlike pingete kandumist süsteemide vahel
- ohtliku elektrikaare-, sädeluse- ja lekkevoole teket
- ning luua eeldus rikkekaitse toimimisel

Maandussüsteemis ühendatakse maanduslatt maanduselektroodiga või maanduselektrood-süsteemi ehk teisisõnu maanduriga. Ühendus peab olema mehhaaniliste vigastuste eest kaitstud, korrosioonikindel ning talitlema vastavalt sätestatud nõuetele. Maanduselektroodide sügavuse määramisel tuleb lähtuda kohalikest olustikest aastaegade vaheldumisel ning pinnase koostisest, sõltuvalt millest, saab valida lisaks maanduri paigaldusviisi ja maanduselektroodi liigi. Eelnevalt tuleb teostada maandustakistuse arvutused, millest lähtuvalt saab valida sõltuvalt paigaldise liigist maanduselektroodide kogused. Üldiselt on piisavaks maandustakistuseks 10 – 30 Ω , mille korral on rikete puhul puutepinge alla 50 V [2] [24].

Uusehitiste rajamisel kasutatakse enamasti juhtudel vundamentmaandurit, mis on parim lahendus. Selle rajamisel ei ole vaja teostada lisa kaevetöid, kasutades ära ehitise pindala ja tagab vastavalt ehitise pinnale vähima maandustakistuse [23].

Päikesepaneelide maaraamile eraldiseisvat maandussüsteemi ei rajata, sest maaraam kinnitatakse eelnevalt maasse paigaldatud 1,5 m teraspostide külge. Seevastu teostatakse maandussüsteemi paigaldus generaatorhoonele. Eelnevalt ei ole antud hoonesse paigaldatud ühtegi elektrivarustuse süsteemi. Rajatav maandussüsteem on vajalik potentsiaalühtlustuseks pingevaldis osadele ja rikkevoolu kaitselülitite rakendumisele. Paigaldamise viise on erinevaid:

- rõhtsuunas maanduselektroodid
- püstsuunas maanduselektroodid (süsteem)
- maandusplaadid

Eesmärgiks on saada maandustakistuseks 10 – 30 Ω. Lähtuvalt eelnevalt püstitatud kriteeriumist on võimalik arvutada erinevate maandussüsteemide kogused. Rõhtsuunas maandustakistust arvutatakse valemiga:

$$R_M = 2 * \frac{\rho}{L_R} \quad (7.6)$$

kus ρ – pinnase eritakistus, Ωm

R_M – maandustakistus, Ω

L_R – rõhtsuunas maandus elektroodi pikkus, m

Eesti Maa-ameti andmebaasi kasutades leiab pinnase koostise objektil, milleks antud juhul on jäme mulle ja kruus, kus esineb kive. Standardi EVS-HD 60364-5-54:2011 alusel on kirjeldatud pinnase eritakistuseks 500 Ωm. Teades pinnase erijuhtivust on võimalik välja arvutada maanduselektroodide koguse. Vajalikuks maandustakistuseks valitakse 15 Ω.

$$L = 2 * \frac{500}{15} = 66 \text{ m}$$

Rõhtsuunas asetsevate maanduri kogu pikkuseks oleks 66 meetrit ja püstsuunas paigaldamisel vastavalt elektroodide kogu pikkuseks 33 m ning kasutades maandusplaate on paigaldatava süsteemi pindalaks 26,6 m². Maandussüsteemi valikul võetakse arvesse, et eelnevalt rajatav kaablitrass generaatorhooneni on 60 m, mida on võimalik kasutada maanduselektroodide paigutamiseks ehk otstarbekas on kasutada rõhtsuunas paiknevaid maanduselektroode. Elektroodid tuleb paigaldada ligi ühe meetri sügavusele. Elektroodi materjaliks valitakse roostevaba teras ning ristlõikel lähtutakse standardis EVS –HD 60364-5-54:2011 määratletud tingimustest. Eesmärgiks on kasutada 10 mm ristlõikega terast, tagades maandurile korrosiooni kaitse ning kaitse mehhaaniliste vigastuste eest. Maanduselektroodi kogust tuleb vähendada, sest trassi pikkuseks on 60 m ning maanduselektroodi jaoks on vaja 66 m. Elektroodi koguse vähendamiseks on võimalik paigaldada rõhtsuunas asetseva maanduri mõlemasse otsa kolmemeetrised püstsuunas paiknevad elektroodid. Vähendades vajamineva rõhtsuunalise elektroodi pikkust 23 m. Püstsuunas elektroodiks kasutatakse 16 mm ristlõikega elektroodi. Peale maandussüsteemi paigaldamist ühendatakse see peapotentsiaalühtlustuse latile, mis paikneb generaatori hoones kilbi JK JUHT kõrval.

Potentsiaaliühtlustuse eesmärgiks on saavutada ekvipotentsiaalsus juhtivate osade vahel, mis on nõutav kõigis ehitistes. Pingealtid osad hoones on ventilatsiooni torud, generaatori kest ning metallist jaotuskilp, mis normaalolekus ei ole pingestatud, kuid elektriseadme või

juhtmestiku isolatsiooni rikke tõttu võivad sattuda pinge alla. Potentsiaaliühtlustuseks on võimalik kasutada klemmühendust või klemmlatti (Joonis 7.2). Kõiki juhte, mis on ühendatud potentsiaalühtlustuslatiga peab olema võimalik eraldi lahti ühendada. Metallist juhtivate objektide potentsiaalühtlustamiseks kasutatakse kolla-rohelist 4 mm² vaskjuhet [2].



Joonis 7.2. Peapotentsiaaliühtlustuse latt OBO Bettermann [25]

7.2. Tööprojekt

Saarestumisvõimekusega elektripaigaldise projekteerimisel võetakse aluseks Eestis kehtivad standardid ja nõuded, millest lähtuvalt on koostatud tööprojekt (Lisa). Tööprojektist lähtuvalt ehitatakse tellijale tema poolt soovitud elektripaigaldis. Projekteerimiseks püstitati etapid, mida järk-järgult täites valmis lõplik tööprojekt.

1. Tellija soovide analüüs
2. Tellija tarbimisharjumuste analüüsimine
3. Seadmete vahelise topoloogia valik
4. Päikesepaneelide elektriijaama kujunemine ja seadmete valik
5. Kaitse viisid
6. Kaabeldus
7. Generaatorhoone sisese elektripaigaldise projekteerimine
8. Jaotuskilpide projekteerimine
9. Tööprojekti nõuete kohane koostamine

Kriteeriumid 1 kuni 6 on eelnevalt lahti seletatud peatükkides 3 kuni 7.1. Peale punktide 1 kuni 6 lahendamist koostati tööjoonised, mille alusel ehitatakse rajatav elektripaigaldis. Projekteerimistööd on teostatud kasutades spetsiaalset projekteerimistarkvara AutoCAD

2014. Antud programmiga koostati jaotuskilpide ühejoone skeemid ning elektripaigaldise tööjoonised. Tööjooniste eesmärgiks on näidata paigaldatavate jaotuskeskuste, seadmestiku paigutust ning nende vahelist ühendust. Projekteerimisele kuulusid järgmised joonised ja skeemid:

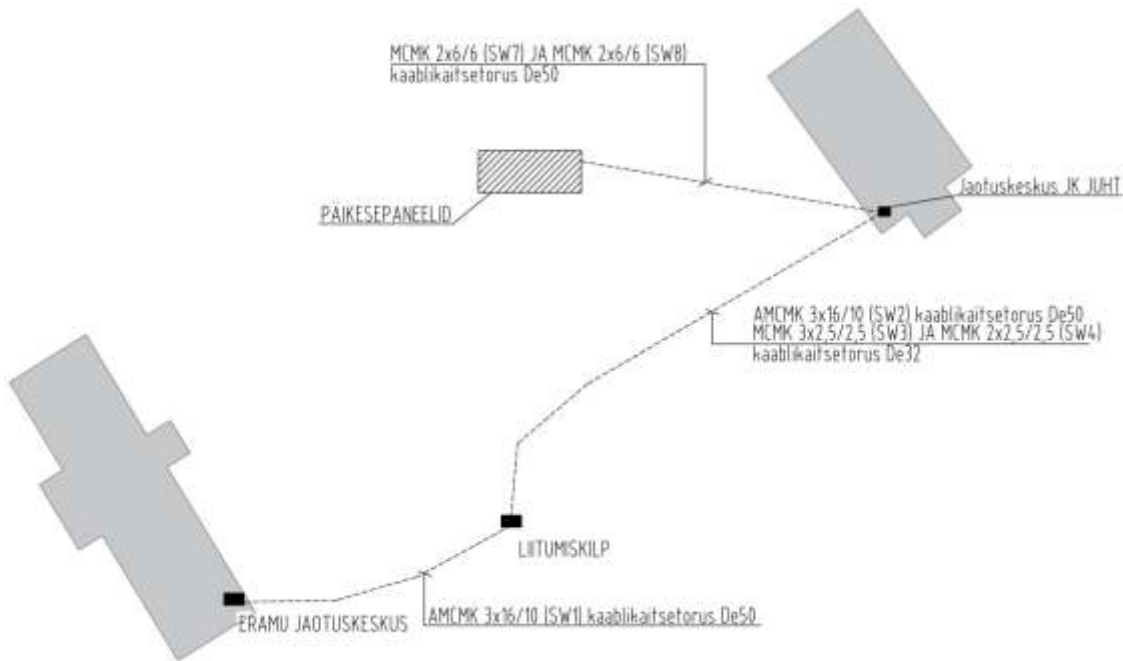
- Generaatorhoone ühendussüsteemi– ja valguspaigaldise joonised
- Jaotuskeskuste vaheliste liinide asendiplaan
- Jaotuskeskuste- ja reservtoiteallikate ühenduste skeem
- Jaotuskeskuste skeemid
- Maanduspaigaldise joonis

Peale projekteerimist koostatakse tööprojekt, mille dokumentatsioon peab vastama standardile EVS 865-2:2006, kus on lahti seletatud elektripaigaldise tööprojekti ehituskirjeldus. Tööprojekti tuuakse välja kasutatud seadmete sertifikaadid ning lisatakse kasutusjuhendid. Tööprojekt esitatakse tellijale kooskõlastamiseks ning nõusoleku saamisel antakse üle paber- ja digitaalsel kujul. Suuremahulised kasutusjuhendid võib esitada digitaalselt. Projekti dokumentatsioon on toodud Lisa all.

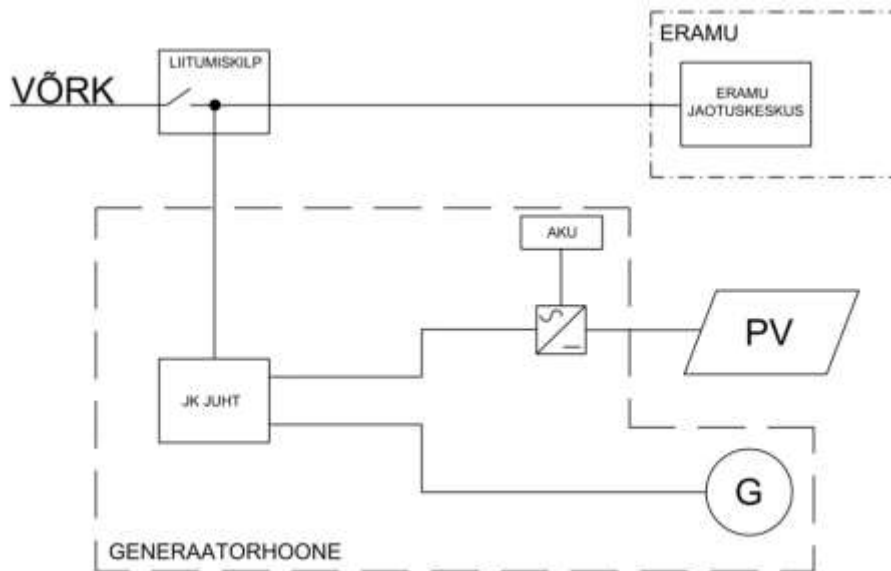
7.3. Elektripaigaldise paiknemine

Tellijä nõudmiste järgselt on joonestatud elektripaigaldise asendiplaan (Joonis 7.3), kus on välja toodud rajatava päikeseelektrijaama paiknemine ning süsteemi tööks vajalike jaotuskeskuste asetus. Lisaks on esile toodud kaablitrasside paiknemine ning jaotuskeskuste ja elektrijaama vaheline kaabelliin koos paigaldatava kaabli margiga ja nimega. Kaabel AMCMK 3x16/10 on kasutusel generaatorhoone elektripaigaldise toiteks elektrivõrgu normaalolukorras ning PV-süsteemi toodangu kasutamiseks ermu tarbimise või müügiks võrku. Elektrivõrgu katkestuste korral on eelnimetatud ahel põhitoiteks eramule. Liini SW3 kasutatakse elektrivõrgu pingekontrolliks ning liin SW4 edastab signaali generaatori controllerist, mille alusel lülitatakse elektripaigaldis võrgust lahti või võrgutoitele. Liitumiskilbi ja eramujaotuskeskuse vaheline kaabelliin on eelnevalt paigaldatud ning eraldi kaablitrassi ei rajata.

Joonisel 7.4 on esitatud täpsem elektripaigaldise jaotuskeskuste omavaheline ühendus ning ühendus reservtoiteallika süsteemiga. Arvesse on võetud, et tarbija on alati ühenduses elektrisüsteemiga, seda kas elektrivõrgu- või reservtoiteallika toitel.



Joonis 7.3. Asendiplaan



Joonis 7.4. Eramu jaotuskeskuste ja reservtoiteallikate ühendus

Ümberlülitus elektrivõrgu toitetelt või toitele toimub liitumiskilbis. Liitumiskilbi ja jaotuskeskuse JK JUHT vahelist lahutust ei ole ettenähtud, v.a kaitselüliti rakendamisel. Reservtoiteallikate omavahelised ümberlülitused, generaatori toitele, PV-süsteemi toitele või toide mõlemalt allikalt, teostatakse kilbis JK JUHT. Generaator on otse ühenduses kilbiga JK

JUHT ning PV-süsteemis on otsene ühendus kilbi ja inverterite vahel. Inverter võimaldab päikeseelektrijaamas toodetud elektri edastamist süsteemi või salvestamist akupanka ning salvestatud elektrienergia hilisemat kasutust.

7.4. Põhimõtteskeemid ja juhtimine

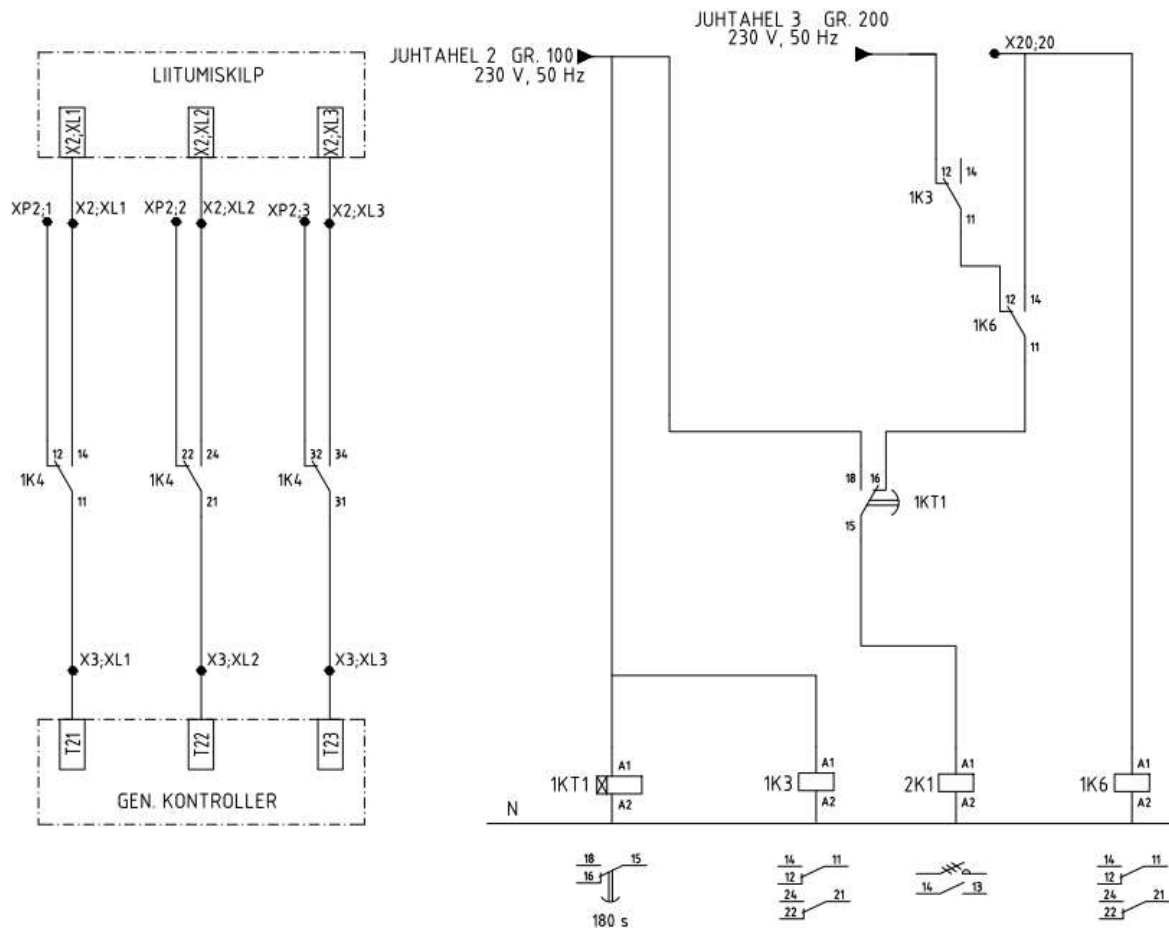
Tööjooniste järgselt koostati jaotuskilpide ühejooneskeemid (Joonis 7.5). Ühejooneskeemiga antakse esmane informatsioon jaotuskeskuse kohta. Skeemile on märgitud väljuvad ja sisenevad liinid, mis peavad olema selgesti eristatavad. Suuremate hoonete puhul lisatakse seadme paiknemise koht, milleks võib olla ruumi number või ruumi kirjeldus. Esile tuuakse seadmete ja liinide kaitseviisid, märkides ahela faaside arvu ning lisades kaitseviisiks vajalikud kaitseüliti parameetrid. Lisaks näidatakse juhtivad ahelad ning väljuvate ja sisenevate liinide jaoks kasutatud kaabel.

| LATISTUS | SKEEM APARATUURI TEHNILISED ANDMED | VÕRGU TEHNILISED ANDMED | | | | |
|----------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----|---------|---------------|
| | | GRUPI nr | TARBIJA NIMETUS | ARV | P kW | ln/ln A |
| | 1 | SISESTUS LIITUMISKILBIST | | | 63 / 25 | AMCMK 4x16/16 |
| | 2 | PISTIKUPESAD | 3 | 0,9 | 63 / 16 | PPJ 3G2,5 |
| | 3 | VALGUSTUS | 3 | 0,1 | 63 / 10 | PPJ 3G1,5 |

Joonis 7.5. Elektrikilbi ühejooneskeemi näide

Peale ühejooneskeemide koostamist, kujundati jaotuskeskustele sekundaarskeemid ehk kilbi juhtimisskeemid. Skeemidel on esitatud juhtumisahelate loogika, mille alusel toimuvad ümberlülitused. Skeemidel tuuakse esile kilpidest väljuvad– ja sisenevad ahelad. Ahelatele on juurde lisatud liini nimi ja kaablimark, mille alusel koostati kaablite loetelu. Kilbi välised signaalid, mis on vajalikud lülitusteks tuuakse esile „kriipsutatud“ plokkides koos kilbi või seadme nimega. Plokkile lisatakse klemm, mille alla on ahel ühendatud. Skeemidel kasutatud

komponendid markeeriti ning lisati täpsustav info. Näiteks kasutades 24 V alalispinge releed, tuli rele kõrvale lisada viide „24 V DC“. Joonisel 7.6 on näidatud aegrelee kasutus ning selleks sobilik tähistus.



Joonis 7.6. Sekundaarskeemi näide

Eramu tarbimise rahuldamiseks on võimalik kasutada kolme erinevat allikat ning nende vahelisi lülituste stsenaariume on viis. Järgnevalt on kirjeldatud allikate omavahelist koostööd ning ümberlülitusi:

1. Võrgupinge on stabiilne

- Generaatori kontrollid ei tuvasta rikkeid elektrivõrgus (pinge- ja faasi kontroll)
- PV – süsteem on ühendatud elektrivõrguga

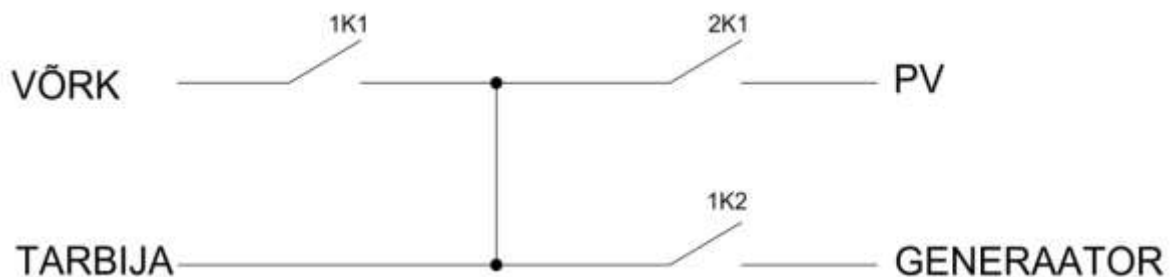
2. Võrgus esineb rike, toide PV – süsteemilt

- Generaatori kontrollid tuvastab elektrivõrgus rikke
- Eramu elektripaigaldis lahutatakse võrgust
- Minnakse üle PV – süsteemi toitele
- Generaatori kontrollid teostab pingekontrolli elektripaigaldise siseselt

- Pinge vastab seadistatud nõuetele
 - Jäädakse PV – süsteemi toitele
3. Toide PV – süsteemilt, elektrivõrgu taastumine
- Generaatori kontrollid tuvastab elektrivõrgu taastumise
 - Kolme minutiline võrgu kontroll
 - Inverter lõpetab toodetud/salvestatud elektri edastamise süsteemi
 - Toimub ümberlülitus elektrivõrgu toitele
 - Inverteri sünkroniseerimine võrguga
 - Inverter alustab elektri edastamist eramu elektripaigaldisse / elektrivõrku
4. Võrgus esineb rike ning PV – süsteem ei suuda rahuldada eramu tarbimist
- Elektrivõrk on eelnevalt lahutatud eramu elektripaigaldisest
 - Generaatori kontrollid tuvastab liiga madala pingeniivo elektripaigaldises
 - PV – süsteem lülitatakse lahti
 - Generaator käivitub 15 s möödudes
 - Generaator ühendatakse süsteemi
 - PV – süsteem lülitatakse tagasi
 - Pingekontrolli teostatakse elektrivõrgul
 - Tagasi lülitust ainult PV – süsteemi toitele ei toimu, sest ei suudeta rahuldada eramu tarbimist
5. Võrgu taastumisel PV – süsteemi- ja generaator toite lahutus
- Generaatori kontrollid tuvastab elektrivõrgu taastumise
 - Kolme minutile võrgukontroll, veendumaks võrgu stabiilsuses
 - Generaator lahutatakse süsteemist
 - PV – süsteem lahutatakse süsteemist
 - Võrgu lülitus elektripaigaldisse toimub 200 s möödumisel võrgu taastumisest
 - Inverter lülitatakse tagasi süsteemi
 - Inverteri sünkroniseerimine võrguga
 - Inverter alustab toodetud elektri edastamist elektripaigaldisse / elektrivõrku

Toiteallikate vaheliseks lülitusteks on kasutatud kolme juhtahelat, mis on ehitatud üles releelülitustele, välistades juhtimisahelate kokkusattumist võrgu taastumisel või ümberlülitamistel. Reservtoiteallikate ja elektrivõrgu sisse/välja lülitamiseks elektripaigaldise süsteemi on

kasutatud kontaktorite lülitamisi. Lülitused toimuvad kolme rele, 1K1, 2K1 ja 1K2, rakendumisel vastavalt olukorrale (Joonis 7.7). Võrgus esineva rikkega või nimipinge langemisega alla sätestatud väärtuse (90 % võrgu nimipingest) lahutab rele 1K1 eramu elektripaigaldise võrgu ühendusest ning toimub ümberlülitus generaator toitele. Juhtudel, kui süsteem on ikka veel võrgust lahti ühendatud ja PV- süsteemi tootlikkus on piisavalt suur, ei toimu lülitust generaatoritoitele, vaid eramu saab toite paneelidelt ning akupanka salvestatud elektrist. Üleminek generaatori toitele toimub rele 1K2 rakendumisel, saades selleks vajaliku signaali generaatori kontrollierist. Enne generaatori toitele üleminekut lahutatakse PV- süsteem releega 2K1. PV- süsteem lülitub tagasi ehk koostööks generaatoriga peale kahe minuti möödumist. Võrgu taastumisel toimub ümberlülitamine võrgutoitele kolme minuti möödumisel rele 1K1 rakendumisega. Enne normaaltalitluse taastumist on generaator süsteemist eraldatud. PV- süsteem ühendatakse võrku 2K1 rakendumisel, milleks saadakse vajalik signaal generaatori kontrollierist. Täpsem ülevaade on toodud tööprojekti. (Lisa). Pikemaajaliste kodust eemal viibimistega, näiteks reisimisega, on võimalik generaatori töö peatada. Selleks tuleb vajutada generaatoril „STOPP“ nuppu, mille alusel jääb eramu võimalikuks reservtoiteallikaks ainult PV – süsteem.

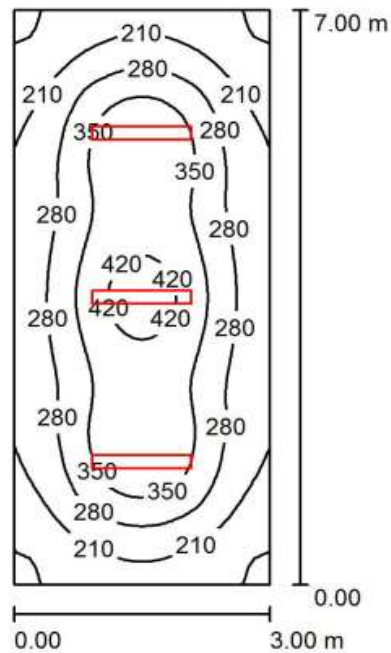


Joonis 7.7. Elektrivõrgu ja reservtoiteallikate omavaheline lülitus

7.4. Generaatorhoone elektri- ja valgustuspaigaldise projekteerimine

Hooldustööde jaoks tuli projekteerida generaatorhoonesse valgustus ning tööde teostamiseks vajalike seadmete toiteks pistikupesad. Joonistel tuuakse välja liini grupi number ning kasutatav kaabel. Ruumi jõupaigaldise projekteerimisel on arvestatud ruumi paigaldatavate seadmete minimaalselt lubatud vahekaugustega ümbritsevatest objektidest. Tegemist on 0. korrusel paikneva ruumiga, kus võib esineda niiskust, sellest tulenevalt on seadmestiku ja valgustuse kaitseastmeks määratud IP 44. Valgustuspaigaldise- ja jõupaigaldise joonis on

esitatud tööprojekti. (Lisa 1). Valguspaigaldise projekteerimisel on aluseks võetud standard EVS-EN 12464-1:2011, millest lähtuvalt peab olema tehnoruumides tagatud valgustugevus 200 lux-i mõõdetuna 0,8 m põrandast [20]. Valgustugevuse arvutused on teostatud kasutades tarkvara DIALux 4.12. Arvutustes kasutatakse STM LUX-235 luminofoorlampidega 2x35 W/T5/G5 pinnapealseid valgusteid, mille paigaldamise kõrguseks on 2,1 m. Joonisel 7.8 on esitatud valgustugevuse arvutus 0,8 m kõrgusel põrandast.



Joonis 7.8. Generaatorhoone ruumi valgustuse arvutus

Maanduspaigaldise projekteerimise eesmärgiks on luua generaatorhoonesse TN-S juhistiksüsteem, sest eelnevalt on liitumiskilbis kasutusel TN-C juhistiksüsteem. TN-S juhistiksüsteemi loomisega on võimalik kaitsta seadmeid ja inimesi ohtliku rikkevoolu eest kasutades generaatorhoones rikkevoolu kaitselüliteid ning teostada potentsiaaliühtlustus pingeltide osadele. Maanduspaigaldise joonisel esitatakse maanduselektroodide paiknemine ning rõht- ja püstsuunal elektrodide omavaheliste ühenduste jaoks sobilikud ühendusmeetodid (Lisa).

8. KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärgiks oli projekteerida elektripaigaldis, mis võimaldaks saarestumist võrgus esinevate rikete puhul ning koostada tööprojekt mille alusel ehitatakse valmis elektripaigaldis. Objektiks on Viljandi maakonnas, Saarepeedi vallas, Karula külas asuv eramu. Projekti koostamine hõlmab päikesepaneelide elektriijaama rajamist, eraldiseisva hoone jõu- ja valguspaigaldise projekteerimist. Lisaks on kirjeldatud reservtoiteallikate omavahelisi lülitusi, vältimaks ohtliku olukorra teket.

Lõputöö alguses on kirjeldatud tellija soove, kus esitati nõudmised, millest lähtuvalt on projekteeritud eramule saarestumisvõimekusega elektripaigaldis. Kindla soovina taheti saada päikesepaneelide paigaldust, akupanka ning diisलगeneraatori paigaldamist. Projekteerimise algstaadiumis on tehtud tellija tarbimisharjumuste analüüs, mis võimaldab hilisemas staadiumis valida seadmete parameetrid. Järgnevalt on koostatud seadmete vahelise ühenduste topoloogia analüüs, leides kõige otstarbekam viis. Tulemusena kasutatakse akupanga laadimiseks ainult päikesepaneelide poolt toodetud elektrit (Peatükk 5, Joonis 5.1, Skeem 1).

Seadmete võrdlemise ja valiku peatükis on kirjeldatud ja põhjendatud kõiki tähtsamaid komponente elektripaigaldise reaalseks ehituseks. Alustades päikeseelektriijaama paiknemisest, mille asukoht on kindlaks määratud koos tellijaga. Paneelid on paigutatud maaraami külge 40° all ning lõuna suunas 0° . Valitud paigaldusviis on Eestis kasutamiseks kõige optimaalsem. Maaraamina on kasutatud ettevõtte Schletter alumiinium maaraami. Alternatiiv paigaldamisi, fassaadi- või katuse külge, tellija ei soovinud. Päikesepaneelide valikul on kirjeldatud erinevate paneelide materjale ning nende kasulikkust. Antud projektis kasutatakse monokristalseid paneele, sest nende kasutegur on suurem kui polükristalsetel paneelidel. Paneelid on komplekteeritud Viljandi ettevõtte SolarEst OÜ poolt, tagades paneelidele ilmastiku ja töökindluse. Paneelide omavaheliseks ühenduseks maaraamil on kasutatud sõltumatute stringide topoloogiat, mis on sobilik kasutuseks kohtades, kus on varjude tekkimise oht. Sellest sõltuvalt on paneelid jagatud kahte gruppi (20 ja 20). Tootlikkuse suurendamiseks on ette nähtud kasutuseks optimeeriija (MPPT), mis vähendab varjudest ja mustusest tulenevaid kadusid. Lisaks on arvutatud ühe paneelijada ühenduse maksimaalne lühisvool, tühijooksu pinge ning madalaim pinge maksimum võimsusel. Eelnevad kolm väärtust on osaks inverteri valiku kriteeriumitest.

Generaatorhoonele on ettenähtud kordusmaandus, mis on teostatud kasutades rõht- ja püstsuunalise maanduselektroode. Rõhtsuunalised elektrodid paiknevad kaablitrassis ühe meetri sügavusel. Kordusmaandusega tagatakse piisavalt väike maandustakistus, mille tulemusena rikete esinemisel on puutepinge alla 50 V. Maanduspaigaldis on ühendatud peapotentsiaalilatiga, mis paikneb jaotuskeskuse kõrval. Ruumis paiknevad metallsed osad (generaatori kest, ventilatsioonitorud jne) on ühendatud peapotentsiaalilatiga. Tavaolukorras võib juhtivate osade potentsiaal olla null, kuid erinevate rikete, nt isolatsioonirikke korral võivad sattuda pinge alla. Lisaks luuakse hoonesiseselt TN-S juhistiksüsteem, sest eelnevalt liitumiskilbist generaatorhooneni on kasutusel TN-C juhistiksüsteem. Selleks on hoonesse suubuva AMCMK kaabli neutraaljuht lahutatud kaitsejuhust ning lahutuskoht on ühendatud hoone kordusmaandusega.

Projekteerimise peatükis tuuakse välja punkt-punkti haaval kogu protsess, alustades tellija soovidest ning lõpetades tööprojekti koostamisega. Projekteerimiseks on koostatud etapid, mida läbides luuakse terviklik tööprojekt (Lisa). Käsitatud on jõu-, valgus- ja maanduspaigaldise jooniste ning magistraal- ja kilbiskeemide koostamist. Lisaks kirjeldatakse üldpildis reservtoiteallikate ja elektrivõrgu lülitusi ning tuuakse välja lülituste vaheline loogika ja käitumiste tingimused.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Elektrilevi OÜ kodulehekül www.elektrilevi.ee. Vaadatud 29.02.2016
2. Elektripaigaldustööd 1. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 2009. – 188 lk
3. Prysmian Group kodulehekül www.draka.ee. Vaadatud 03.03.2016
4. Rosin, A; Link, S; Drovtar, I. Energia lokaalse tootmise analüüs büroohoonele 1. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2003. – 87 lk.
5. Risthein, E. Elamute elektripaigaldised. – Tallinn: Eetel – Ekspert OÜ, 2005. – 244 lk.
6. SolarEdge kodulehekül www.solaredge.com. Vaadatud 05.03.2016
7. Teemets, R; Vinnal, T. Elektrienergia säästlik kasutamine hoonetes. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2003. – 187 lk.
8. Lahtmets, R; Kaitseaparaadid. –Tallinn: TTÜ elektriainite ja jõuelektroonika instituut, 2006 – 84 lk.
9. Schletter AS kodulehekül www.schletter.us. Vaadatud 18.02.2016
10. Baltic Marine Group AS kodulehekül www.generaator.bm.ee. Vaadatud 19.02.2016
11. SDMO kodulehekül www.sdmo.com. Vaadatud 19.03.2016
12. Teemets, R. Kaitselülitid. – Tallinn: TTÜ elektriainite ja jõuelektroonika instituut, 1994. – 91 lk.
13. Taastuvenergia OÜ kodulehekül www.taastuvenergia.ee. Vaadatud 01.03.2016
14. Tesla kodulehekül www.teslamotors.com. Vaadatud 26.02.2016
15. Rosin, A. Koolituse „Ülevaade energiasäästlikest ja taastuvenergia lahendusest“ materjal. http://skk.ee/fileadmin/media/dokumendid/Koolituste_materjalid/energia_koolitusprogramm/Ulevaade_energiasaastlikest_ja_taastuvenergia_lahendustest_Rosin.pdf
16. P.A. Lynn, Electricity from Sunlight, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2010 – 238 lk.
17. SolarEst OÜ kodulehekül www.solarest.eu. Vaadatud 14.03.2016
18. EVS-EN 61008-1:2012 Kaitsmed jm liigvoolukaitseaparaadid / Osa 2: Üldreeglid. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2006. – 11 lk.
19. Nordpool kodulehekül www.nordpoolspot.com Vaadatud 20.03.2016
20. EVS-EN 12464-1:2011. Valgus ja valgustus / Osa 1: Sisetöökohad. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2011. – 24 lk.
21. Metz-Noblat, B; Dumas, F; Poulain, C. Calculations of Short-Circuit Currents. – Grenoble: Schneider Electric, 2005. – 35 lk.
22. EVS-IEC 60364-4-41:2007. Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2007. – 40 lk.

23. Risthein, E. Maandamine ja potentsiaalühtlustus. – Tallinn: Eetel – Ekspert OÜ, 2004. – 103 lk.
24. EVS –HD 60364-5-54:2011. Elektriseadmetevalik ja paigaldamine. Maandamine, kaitsejuhid ja kaitse-potentsiaalühtlustus. – Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2012. – 45 lk.
25. OBO Bettermann OÜ kodulehekül www.obo.ee. Vaadatud 09.04.2016
26. Fronius AS kodulehekül www.fronius.com. Vaadatud 01.04.2016
27. Taastuvenergeetika kodulehekül www.taastuvenergeetika.ee. Vaadatud 25.04.2016

LISA



Töö nr: 1204-E

Tellija: Aivar Berzin

Töö: **Elektrijaama elektriprojekt**

Objekt: **Eramu, Karula küla Saarepeedi vald**

Viljandi maakond

Projekteerimise staadium: Tööprojekt

MTR reg. nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.2002

MTR reg. nr. FPR0000144 v.a. 21.11.2005

Projektijuht:

Taavi Klaos

Projekteerija:

Mihkel Raadik

VILJANDI

Mai 2016

SISUKORD

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Joonisteloetelu..... | 3 |
| 2. Projekteerimistöo piiritletus..... | 4 |
| 3. Seletuskiri | 4 |
| 3.1. Üldandmed..... | 4 |
| 3.1.1. Tehnilised põhiandmed..... | 4 |
| 3.1.2. Lähteandmed..... | 4 |
| 3.1.3. Normdokumendid | 5 |
| 3.2. Välistrassid | 5 |
| 3.2.1. Madalpinge kaabelliinid..... | 5 |
| 3.2.2. Kaabelliinide trasside taastamine..... | 6 |
| 3.3. Tugevvoolupaigaldis | 6 |
| 3.3.1. Madalpinge peajaotussüsteemid | 6 |
| 3.3.2. Elektri arvestussüsteem..... | 7 |
| 3.3.3. Varutoite süsteem..... | 7 |
| 3.3.4. Kaabliteed | 8 |
| 3.3.5. Läbiviigud | 8 |
| 3.3.6. Pistikupesad | 9 |
| 3.3.7. Valgustuspaigaldis | 9 |
| 3.3.8. Maanduspaigaldis | 9 |
| 3.4. Mikrotootja elektriyaam | 10 |
| 3.4.1. Elektriliste päikesepaneelide paigaldus | 10 |
| 3.4.2. Elektriliste päikesepaneelide ehituslik paigaldamine ja kinnitus..... | 10 |
| 3.4.3. Elektriyaama ühendus..... | 10 |
| 4. Projekti lisa..... | 11 |
| 4.1. Inverteri seadistusparameetrid | 11 |
| 4.1.1. Seadistatud seadmed | 11 |
| 4.1.2. Seadistaja andmed..... | 11 |
| 4.1.3. Seadistamise andmed | 11 |
| 5. Spetsifikatsioon | 13 |
| 6. Kasutusjuhendid ja sertifikaatsioonid | 15 |
| 6.1. Kasutusjuhendid | 15 |
| 6.2. Sertifikaadid..... | 15 |

1. Joonisteloetelu

| Joonise number | Joonise nimi | Muudatuse kuupäev |
|------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
| 1204-E-01104 | Liitumiskilp | 11.04.2016 |
| 1204-E-01105 | Jaotuskeskus JK JUHT | 11.04.2016 |
| 1204-E-01106 | Asendiplaan plaan | 11.04.2016 |
| 1204-E-01107 | Ühenduste skeem | 11.04.2016 |
| 1204-E-01108 | Valguspaigaldise plaan | 11.04.2016 |
| 1204-E-01106 | Ühendussüsteemide plaan | 11.04.2016 |
| 1204-E-01107 | Gen.hoone maanduse ja pot.ühtlustuse plaan | 11.04.2016 |
| Karula II FS2V-40°-11 Duo | Maaraam FS-Duo | 29.02.2016 |

2. Projekteerimistöö piiritleus

Käesolev tööprojekti osa käsitleb eramu saarekusvõimekusega elektripaigaldise tugevvoolu projekteerimist ning selleks tarvilike elektrisüsteemide väljaehitamist ja seadmete paigaldust. Peale tööde valmimist esitab ehitaja tellijale teostusdokumentatsiooni paberil ja digitaalselt, kuhu on sissekantud ehituse ajal tehtud muudatused.

3. Seletuskiri

3.1. Üldandmed

3.1.1. Tehnilised põhiandmed

Liitumispunkt:

- kinnistu piiril asuvas liitumiskilbis
- Peakaitsme suurus 3x32 A
- Pingesüsteem 400V/230V;50 Hz
- Toite juhistikusüsteem TN-C
- Jaotus juhistikusüsteem TN-S
- Võimsustegur 0,97
- Kolmefaasiline lühisvool liitumiskilbis 1053 A
- Ühefaasiline lühisvool liitumiskilbis 465 A

Varutoite allikas:

- Diiseldiiselaator: 17,2 kW
- Päikesepaneelide elektrijaam 10,8 kW
- Akupank 12,0 kWh

3.1.2. Lähteandmed

Jaauarikuu elektrienergia tarbimine: 6,26 MWh;

Kliendi suusõnaline lähteülesanne, võrgu katkemisel peab varutoite süsteem suutma ülal hoidma eramu tarbimise;

Päikesepaneelide elektrijaama võimsus $P = 10,8 \text{ kW}$;

Olemasolev elektripaigaldis;

3.1.3. Normdokumendid

Elektripaigaldis projekteeriti vastavalt järgmistele normdokumentidele:

- Eesti Standard EVS-IEC 60364 Ehitiste elektripaigaldised.
- Eesti Standard EVS-HD 384 Ehitiste elektripaigaldised.
- Eesti Standard EVS 811:2006 Hoone ehitusprojekt.
- Eesti Standard EVS-HD 60364-7-712:2006 Solar– fotoelektrilised toiteallikad.
- Eesti Standard EVS-EN 12464-1:2011 Valgus ja valgustus. Osa 1: Sisetöökohad.
- Eesti Standard EVS-EN 60529 Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP-kood).
- Eesti Standard EVS-EN 60947 Madalpingelised lülitusaparaadid.
- Hea ehitustava (ET-1 0207-0068).
- Eesti Standard EVS-HD 60364-5-54:2007 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine, kaitsejuhid ja kaitse-potentsiaaliühtlustusjuhid.

3.2.Välistrassid

3.2.1. Madalpinge kaabelliinid

Elektilevi OÜ-ga liitumine paikneb eramu krundi piiril asuval õhuliinimastil, kuhu on paigaldatud liitumiskilp. Liitumiskilbi peakaitsmeks on 3x32 A. Generaatorhoones asuva kilbi JK Juht ja liitumiskilbi vaheliseks kaabelliiniks (SW2) kasutada AMCMK 3x16/10 maakaablit ning JK Juht ja päikesepaneelide vaheliseks kaabelliiniks (SW7 ja SW8) kasutada MCMK 2x6/6 kaablit. Maakaabel SW2 paigaldada painduvasse De50 450 N kaablikaitsetorusse ning liinide SW3, SW4, SW7 ja SW8 kaitseks kasutada De32 450 N kaablikaitsetorusid. Kaablid paigaldada 0,7 m sügavusel pinnases liivapadjale, millele paigaldatakse täies ulatuses 0,3 m kõrgusele hoiatuslint. Kaablikaitsetorude otsad tihendada, vältimaks pinnase valgumist torusse.

3.2.2. Kaabelliinide trasside taastamine

Kaabelliinide trasside taastamiseks võib kasutada eelnevalt eemaldatud pinnast. Täitepinnas ei tohi sisaldada suuri kive ega ehitus- ja muud prahti.

3.3. Tugevvoolupaigaldis

3.3.1. Madalpinge peajaotussüsteemid

Generaatorhoonesse paigaldada pinnapealne jaotuskeskus JK Juht, millest saab toite generaatorhoone sisene elektripaigaldis ning võrgurikete puhul toidetakse läbi liitumiskilbi eramu jaotuskeskust. Jaotuskeskuse toitekaablite sisestus teostada ülevalt (generaatorist) ja alt (liitumiskilbist ja päikesepaneelide kilbist). Väljuvate kaablite teostus teha alt. Jaotuskeskuse lühisvoolu taluvus 3 kA ja kaitseaste IP 44. Väljuvate liinide kaitseks kasutada kaitseautomaate, reageerides lühisele ning ülekoormusele. Tavaisikutele üldkasutuseks pistikupesad varustatakse rikkevoolu kaitselülititega, rakendusvooluga kuni 30 mA. Väljuvad ja sisenevad liinid nummerdada liini mõlemas otsas.

Liitumiskilbis viia sisse uuendused vastavalt skeemile 1204-E-01104. Juhul kui olemas oleva kilbi ruumist jääb puudu, paigaldada uus liitumiskilp või lisa kilp, kus saab teostada ühendusi. Mõlemal juhul peab olema tagatud ilmastikukindlus, kasutada kilpe kaitseastmega vähemalt IP65. Klipi siseneva elektrivõrguga liitumiseks vaja minevate kaablite teostus teha ülevalt ning väljuvate kaablite teostus teha alt. Kilbis kasutada kaitseautomaate lühisvoolu taluvusega 3 kA.

Kilpides paiknevad komponendid ja kaitsmed markeeritakse selgelt ning on kooskõlas elektriskeemidega. Jaotuskeskustesse paigaldada ukse siseküljele tasku, kus on kilbi dokumentatsioon ning kilpide ukсед markeerida elektriohu tähisega.

Jaotuskeskustesse jätta reservruumi minimaalselt 20 %.

Päikesepaneelide elektriyaam paigaldada terviksüsteemina – inverterid, maaraam ja võimsuse optimeerijad. Lisaks ühendada PV – süsteemi akupank.

Elektriyaama tehnilised parameetrid:

| | |
|----------------------|------------------------------------------|
| Võimsus | 10,8 kW |
| Väljund nimipinge | 400/230 V AC, 3 faasi, neutraal, maandus |
| Sagedus | ~50 Hz |
| Harmonikute moonutus | < 3 % |
| Nimivoolutugevus | 11,6 A |
| Võimsustegur | 0,85 |

Akupanga tehnilised parameetrid:

| | |
|----------------------------|----------|
| Mahtuvus: | 12,0 kWh |
| Maksimaalne laadimisvool | 16 A |
| Maksimaalne tühjenemisvool | 16 A |
| Tühjakslaadimise piirmäär | 80 % |

3.3.4. Kaabliteed

Generaatorhoones paigaldada kaablid pinnapealselt. Kaablite mehaanilise vigastuste kaitseks kasutada jäikasad PVC kaablikaitsetorusid De20 mm, mis kinnitatakse seintele ja lakke. Seadmest seinani kasutada painduvat kaablikaitsetoru De20 mm. Kaablikaitsetorude kinnitite vahekaugused alla 6 mm² kaablite puhul püstsuunas iga 0,3 m tagant ning rõhtsuunas iga 0,25 m tagant. Esimene kinnitus paigaldada 5 kuni 10 cm kaugusele seadmest/lülitist/pistikupesast jne. Kaablite paigaldamisel järgida valmistaja poolt ettenähtud mõõtesuursusi ning juhiseid.

3.3.5. Läbiviigud

Kaablite läbiviimiseks generaatorhoonesse teha selleks vajalikud avad läbimõõduga De60 mm, mis järgnevalt tuleb tihendada.

3.3.6. Pistikupesad

Generaatorhoonesse paigaldada maanduskontaktiga pinnapealsed pistikupesad, 1,0 m kõrgusele, mõõdetud pistikupesa tsentrist. Täpsem asukoht näidatud joonisel. Pistikupesade kaitse astmeks on IP 44. Pistikupesade ühendamiseks kasutada PPJ 3G2,5 kaablit. Tavaisikute kaitseks varustada pistikupesad rikkevoolu kaitselülitiga, rakendusvooluga kuni 30 mA.

3.3.7. Valgustuspaigaldis

Generaatorhoones paigaldatavate valgustite kaitseaste on IP 44, tegemist on niiske ja röske ruumiga. Valgustite lülitus toimub pinnapealse lülitiga, mille kaitseaste on IP 44, paigaldus kõrguseks 1,5 m. Lüliti ja valgustite täpsem asukoht näidatud joonisel. Projekteeritud valguspiirkonna keskmine valgustugevus tehnilises ruumis on 200 lux-i mõõdetuna põrandalt, kui kontrollmõõtmised ei anna välja ettenähtud valgustugevust, siis lisada juurde valgusti. Valgusti varustada rikkevoolu kaitselülitiga, rakendusvooluga kuni 30 mA.

3.3.8. Maanduspaigaldis

Generaatorhoones teostada kordusmaanduse paigaldamine ning potentsiaaliühtlustus TN-S süsteemile. Maanduseks kasutada roostevaba teras elektroode, rõhtsuunas 10 mm läbimõõduga. Rõhtsuunaline elektrood (kuumtsingitud Rd10) paigaldada liitumiskilbist generaatorhooneni kaevatud kaablitrassi ning peab olema kaitstud juhuslike vigastamiste eest ning mõlemasse otsa paigaldada 3 m maandusvarras (kuumtsingitud ümarteras Rd16). Elektroodide ühenduseks kasutada Obo Bettermani ühendussüsteeme, täpsemini näidatud joonisel. Ühenduskohad mähkida veekindla isoleerteibiga. Maanduspaigaldise takistuse väärtus peab jääma alla 30 Ω , et rikete korral puutepinge ei ületaks 50 V. Peale maanduspaigaldise teostust, teha kontrollmõõtmine, juhul kui ei saavutata soovitud tulemust, tuleb juurde lisada elektroode pinnasesse (rõht- või püstsuunas).

Generaatorhoone kilbiruumi paigaldada seinale potentsiaaliühtlustuslatt, millele ühendada maandusjuht ning muud pingeltid osad. Potentsiaaliühtlustus- ja kaitsejuhtideks kasutada vaskjuhte, mis on kolla-rohelise isoleerkattega. Seadmete ja valgustite maandamiseks kasutatakse toitekaabli PE-juhti, mis on ühendatud vastava jaotuskeskuse PE-latiga.

3.4. Mikrotootja elektriyaam

3.4.1. Elektriliste päikesepaneelide paigaldus

Alumiinium maaraamile paigaldada päikesepaneelid koguvõimsusega 10,8 kW. Maaraami paigaldamisel lähtuda joonisest Karula II FS2V-40°-11 Duo ning maaraami FS-Duo paigaldusjuhendist. Maaraami asukoht on eelnevalt kinnitatud tellija poolt ning lisatäpsustuste saamiseks pöörduda tema poole. Paneelid paigaldada 40° nurgaga lõunasuunal 0°.

3.4.2. Elektriliste päikesepaneelide ehituslik paigaldamine ja kinnitus

Päikesepaneelid paigaldatakse alumiiniumist maaraamile. Paneelide kinnituseks raami külge kasutada selleks ettenähtud spetsiaalseid alumiiniumklambreid. Klambriid tarnib koos paneelidega SolarEst OÜ. Jaotuskeskus JK Päike paigaldatakse maaraami külge.

3.4.3. Elektriyaama ühendus

Paigaldatavad päikesepaneelid jagada kahte jadamisi ahelasse, ühes ahelas 20 paneeli. Iga kahe päikesepaneeli kohta paigaldada üks optimeeria. Paneelide- ja optimeeria vahelisteks ühendusteks kasutada Ölflex XLS-R Solar 0,6/1kV kaablit MC4 ühendustega. Päikesepaneelidest generaatorhooneni suubuva liini kaitseks paigaldada sulavkaitsmed gG8. Sulavkaitsmed asuvad PVC korpuses IP65, mis kinnitada maaraami jalandile. PVC korpuse ja paneelide vaheline kaabelliin kinnitada päikesepaneelide paigaldussiinile ning ülejäänud osas kasutada kaablikaitsekõri. Ühendus inverteri ja päikesepaneelide vahel teostada punktis 3.2.1 kirjeldatule. Ühendustel võtta aluseks skeem 1204-E-01107 ja seadmete kasutusjuhendid.

4. Projekti lisa

4.1. Inverteri seadistusparameetrid

Peale elektri jaama väljaehitamist tuleb teostada inverterite seadistused ning esitada sellekohane vastavusdokumentatsioon.

4.1.1. Seadistatud seadmed

| Inverteri mudel | Seerianumber |
|-----------------|--------------|
| | |
| | |
| | |

4.1.2. Seadistaja andmed

| | |
|---------------------------------|--|
| Seadistaja | |
| Akrediteering / kvalifikatsioon | |
| Telefon | |
| E-post | |

4.1.3. Seadistamise andmed

Alljärgnevas tabelis on esitatud kaitsesätete seadeväärtused lähtuvalt Eesti Vabariigis kehtivast mikrotootmise standardi EVS EN 50438:2008 üldnõuetest.

| Parameeter | Alasagedus | | Ülesagedus | |
|---------------------------------|------------|-------|------------|-------|
| | Sagedus | Aeg | Sagedus | Aeg |
| Nõutav seadeväärtus | 47 Hz | 0,5 s | 52 Hz | 0,5 s |
| Kaitsesätte seadistatud väärtus | 47 Hz | 0,5 s | 52 Hz | 0,5 s |
| Parameeter | Alapinge | | Ülepinge | |
| | Pinge | Aeg | Pinge | Aeg |

| | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| Nõutav seadeväärtus | $U_N - 15 \% V$ | 1,5 s | $U_N + 15 \% V$ | 0,2 s |
| Kaitsesätte seadistatud väärtus | $U_N - 15 \% V$ | 1,5 s | $U_N + 15 \% V$ | 0,2 s |

| | |
|---------------------|----------------------|
| Võrgukaotusekaitse* | Seadistatud (jah/ei) |
| | Jah |

* Võrgukaotusekaitse kasutab Elektrilevi poolt heakskiidetud algoritmi ning on tüüptestitud.

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| | Automaatne taaslülitus |
| Parameeter | Aeg |
| Kaitse nõutav piirmäär | ** |
| Kaitsesätte seadistatud väärtus | 5 minutit |

** Vastavalt tehnilistes tingimustes ette nähtud nõuetele

Kuupäev: _____

Käesolevaga kinnitan seadistatud väärtuste vastavust esitatud andmetele ning mikrotootmisseadme omanikku on informeeritud seadistatud väärtustest ning nende omavolilise muutmise keelust.

Ees- ja perekonnanimi _____

Allkiri _____

5. Spetsifikatsioon

| Jrk nr. | Materjal | Ühik | Kogus | Märkused |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|-------|-----------------------------------------------------------|
| Jaotuskeskused | | | | |
| 1 | Jaotuskeskus JK Juht | kmpl | 1 | Vt. skeemi 1204-E-01104 |
| 2 | Liitumiskilp | kmpl | 1 | Olemasolev. Teha täiendus vastavalt skeemile 1204-E-01105 |
| Päikesepaneelide elektrijaam | | | | |
| 3 | Inverter Fronius Symo 4.0-3 (hübriid) | tk | 2 | |
| 4 | Päikesepaneelid, 270 W | tk | 40 | SolarEst |
| 5 | Fronius Smart Meter | tk | 1 | 3faasiline |
| 6 | PVC korpus, IP65 | tk | 1 | OBO Betterman-i lahendus VG-C DC-PH-Y |
| 7 | MC4 kaabliühendused | tk | 100 | |
| Varutoitesüsteem | | | | |
| 7 | Fronius akupank, 12,0 kWh | tk | 1 | |
| 8 | Generaator SDMO K22 | kmpl | 1 | |
| Installatsioonimaterjal | | | | |
| 9 | Maanduskontaktiga 1-ne pistikupesa, 16 A, 230 V, IP44, pindpaigaldis | tk | 3 | |
| 10 | Maanduskontaktiga 1-ne pistikupesa, 16 A, 230 V, IP65, pindpaigaldis | tk | 1 | |
| 11 | Lihtlülit, 1-ne, IP44, pindpaigaldis | tk | 1 | |
| 12 | Pindpaigalduskaabel PPJ 3G1,5 | m | 25 | |
| 13 | Pindpaigalduskaabel PPJ 3G2,5 | m | 10 | |
| 14 | Pindpaigalduskaabel PPJ 5G6 | m | 20 | |
| 15 | Pinnases paigalduskaabel AMCMK 3x16/16 | m | 60 | |
| 16 | Ölflex XLS-R Solar 0,6/1kV kaabel MC4 ühendusega | m | 100 | |
| 17 | Pinnases paigalduskaabel MCMK 2x6/6 | m | 110 | |

| Installatsioonimaterjal | | | | | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|------|----|--|---------------------------------------|
| 18 | Pinnases paigalduskaabel MCMK 3x2,5/2,5 | m | 70 | | |
| 19 | Pinnases paigalduskaabel MCMK 2x2,5/2,5 | m | 60 | | |
| 20 | Pindpaigaldus kaabel PPO 7x2,5 | m | 10 | | |
| 21 | Andmeside kaabel RS485 | m | 90 | | |
| Valgustid | | | | | |
| 22 | Luminofoorlampidega 2x35W/T5/G5 valgusti, IP44 | tk | 3 | | STM LUX-235 |
| Maandus ja potentsiaaliühtlustus | | | | | |
| 23 | Komplektne maandus ja potentsiaalühtlustus | kmpl | 1 | | Kasutada OBO Betermann-i lahendusi |



**EG-KONFORMITÄTSERKLÄRUNG 2014
EC-DECLARATION OF CONFORMITY 2014
DECLARATION DE CONFORMITE DE LA CE, 2014**

Wels-Thalheim, 2014-10-08

Die Firma

Manufacturer

La compagnie

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH

Froniusstraße 1, A-4643 Pettenbach

erklärt in alleiniger Verantwortung,
dass folgendes Produkt:

Hereby certifies on its sole
responsibility that the following
product:

se déclare seule responsable du fait
que le produit suivant:

Fronius Symo Hybrid 3.0-3 /
4.0-3 / 5.0-3
Solar-Wechselrichter

Fronius Symo Hybrid 3.0-3 /
4.0-3 / 5.0-3
Photovoltaic inverter

Fronius Symo Hybrid 3.0-3 /
4.0-3 / 5.0-3
Onduleur solaire

auf das sich diese Erklärung
bezieht, mit folgenden Richtlinien
bzw. Normen übereinstimmt:

which is explicitly referred to by this
Declaration meet the following
directives and standard(s):

qui est l'objet de la présente
déclaration correspondant aux
suivantes directives et normes:

Richtlinie 2006/95/EG
Elektrische Betriebsmittel
Niederspannungsrichtlinie

Directive 2006/95/EC
Electrical Apparatus
Low Voltage Directive

Directive 2006/95/CE
Outillages électriques
Directive de basse tension

Richtlinie 2004/108/EG
Elektromag. Verträglichkeit

Directive 2004/108/EC
Electromag. compatibility

Directive 2004/108/CE
Électromag. Compatibilité

Richtlinie 2011/65/EU
RoHS

Directive 2011/65/EU
RoHS

Directive 2011/65/UE
RoHS

Richtlinie 1999/5/EG
R&TTE

Directive 1999/5/EC
R&TTE

Directive 1999/5/CE
R&TTE

Europäische Normen inklusive
zutreffende Änderungen
IEC62109-1:2010
IEC62109-2:2011
EN 61000-3-2:2006+A2:2009
EN 61000-3-3:2008
EN 61000-6-1:2007
EN 61000-6-2:2005
EN 61000-6-3:2007+A1:2011
EN 61000-6-4:2007+A1:2011
EN 62233:2008
EN 300 328 V1.8.1
EN 301 489-1 V1.9.2
EN 301 489-17 V2.2.1
EN 60950-
1:2006+A11:2009+A1:2010+A12:2011+AC:2
011

European Standards including
relevant amendments
IEC62109-1:2010
IEC62109-2:2011
EN 61000-3-2:2006+A2:2009
EN 61000-3-3:2008
EN 61000-6-1:2007
EN 61000-6-2:2005
EN 61000-6-3:2007+A1:2011
EN 61000-6-4:2007+A1:2011
EN 62233:2008
EN 300 328 V1.8.1
EN 301 489-1 V1.9.2
EN 301 489-17 V2.2.1
EN 60950-
1:2006+A11:2009+A1:2010+A12:2011+AC:2
011

Normes européennes avec
amendements correspondants
IEC62109-1:2010
IEC62109-2:2011
EN 61000-3-2:2006+A2:2009
EN 61000-3-3:2008
EN 61000-6-1:2007
EN 61000-6-2:2005
EN 61000-6-3:2007+A1:2011
EN 61000-6-4:2007+A1:2011
EN 62233:2008
EN 300 328 V1.8.1
EN 301 489-1 V1.9.2
EN 301 489-17 V2.2.1
EN 60950-
1:2006+A11:2009+A1:2010+A12:2011+AC:2
011

Die oben genannte Firma hält
Dokumentationen als Nachweis der
Erfüllung der Sicherheitsziele und
die wesentlichen Schutzanforder-
ungen zur Einsicht bereit.

Documentation evidencing
conformity with the requirements of
the Directives is kept available for
inspection at the above
Manufacturer.

En tant que preuve de la satisfaction
des demandes de sécurité la
documentation peut être consultée
chez la compagnie susmentionnée.

CE 2014

ppa Hackl
ppa. Mag. Ing. H. Hackl

DE German

Deutsch

EN English

English

FR French

Française



**EG-KONFORMITÄTSERKLÄRUNG 2014
EC-DECLARATION OF CONFORMITY 2014
DECLARATION DE CONFORMITE DE LA CE, 2014**

Wels-Thalheim, 2014-03-18

Die Firma

Manufacturer

La compagnie

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH

Froniusstraße 1, A-4643 Pettenbach

erklärt in alleiniger Verantwortung,
dass folgendes Produkt:

Hereby certifies on its sole
responsibility that the following
product:

se déclare seule responsable du fait
que le produit suivant:

Fronius Smart Meter 63A
Solar-Wechselrichter Zubehör

Fronius Smart Meter 63A
Photovoltaic inverter accessories

Fronius Smart Meter 63A
Onduleur solaire Accessoires

auf das sich diese Erklärung
bezieht, mit folgenden Richtlinien
bzw. Normen übereinstimmt:

which is explicitly referred to by this
Declaration meet the following
directives and standard(s):

qui est l'objet de la présente
déclaration correspondent aux
suivantes directives et normes:

Europäische Normen inklusive
zutreffende Änderungen
EN62053-21
EN62053-23
EN62052-11

European Standards including
relevant amendments
EN62053-21
EN62053-23
EN62052-11

Normes européennes avec
amendements correspondants
EN62053-21
EN62053-23
EN62052-11

Die oben genannte Firma hält
Dokumentationen als Nachweis der
Erfüllung der Sicherheitsziele und
die wesentlichen Schutzanforder-
ungen zur Einsicht bereit.

Documentation evidencing
conformity with the requirements of
the Directives is kept available for
inspection at the above
Manufacturer.

En tant que preuve de la satisfaction
des demandes de sécurité la
documentation peut être consultée
chez la compagnie susmentionnée.

CE 2014

ppa Hackl
ppa. Mag. Ing. H. Hackl

DE German

Deutsch

EN English

English

FR French

Française



**EU-KONFORMITÄTSERKLÄRUNG 2016
EU-DECLARATION OF CONFORMITY 2016
DÉCLARATION UE DE CONFORMITÉ, 2016**

Wels-Thalheim, 2016-04-20

Die Firma

Manufacturer

La compagnie

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH

Froniusstraße 1, A-4643 Pettenbach

erklärt in alleiniger Verantwortung,
dass folgendes Produkt:

Hereby certifies on its sole
responsibility that the following
product:

se déclare seule responsable du fait
que le produit suivant:

Fronius Solar Battery 4.5 / 6.0
/ 7.5 / 9.0 / 10.5 / 12.0
Solar-Wechselrichter Zubehör

Fronius Solar Battery 4.5 / 6.0
/ 7.5 / 9.0 / 10.5 / 12.0
Photovoltaic inverter accessories

Fronius Solar Battery 4.5 / 6.0
/ 7.5 / 9.0 / 10.5 / 12.0
Onduleur solaire Accessoires

auf das sich diese Erklärung
bezieht, mit folgenden Richtlinien
bzw. Normen übereinstimmt:

which is explicitly referred to by this
Declaration meet the following
directives and standard(s):

qui est l'objet de la présente
déclaration correspondent aux
suivantes directives et normes:

Richtlinie 2014/35/EU
Elektrische Betriebsmittel
Niederspannungsrichtlinie

Directive 2014/35/EU
Electrical Apparatus
Low Voltage Directive

Directive 2014/35/UE
Outillages électriques
Directive de basse tension

Richtlinie 2014/30/EU
Elektromag. Verträglichkeit

Directive 2014/30/EU
Electromag. compatibility

Directive 2014/30/UE
Électromag. Compatibilité

Richtlinie 2011/65/EU
RoHS

Directive 2011/65/EU
RoHS

Directive 2011/65/UE
RoHS

Europäische Normen inklusive
zutreffende Änderungen
EN 62208
EN 61000-6-2:2005+AC:2005
EN 61000-6-
3:2007+A1:2011+AC:2012
EN 61000-3-2:2014
EN 61000-3-3:2013
EN 62233:2008+AC:2008

European Standards including
relevant amendments
EN 62208
EN 61000-6-2:2005+AC:2005
EN 61000-6-
3:2007+A1:2011+AC:2012
EN 61000-3-2:2014
EN 61000-3-3:2013
EN 62233:2008+AC:2008

Normes européennes avec
amendements correspondants
EN 62208
EN 61000-6-2:2005+AC:2005
EN 61000-6-
3:2007+A1:2011+AC:2012
EN 61000-3-2:2014
EN 61000-3-3:2013
EN 62233:2008+AC:2008

Die oben genannte Firma hält
Dokumentationen als Nachweis der
Erfüllung der Sicherheitsziele und
die wesentlichen Schutzanforder-
ungen zur Einsicht bereit.

Documentation evidencing
conformity with the requirements of
the Directives is kept available for
inspection at the above
Manufacturer.

En tant que preuve de la satisfaction
des demandes de sécurité la
documentation peut être consultée
chez la compagnie susmentionnée.

CE marking date: **2016**

ppa. Mag. Ing. H. Hackl
Member of Board
Chief Technology Officer

DE German

Deutsch

EN English

English


FR French

Française

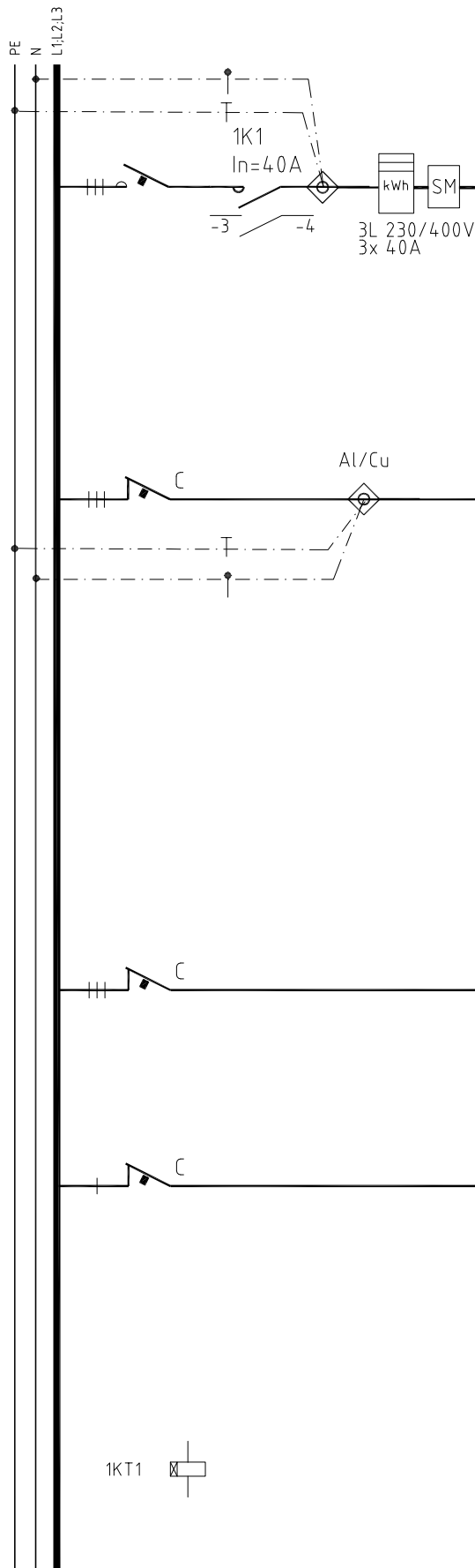
| | | | |
|----|-------------------------------|--|----------------------|
| 1 | Nimipinge Ue | | 400 V / 50 Hz |
| 2 | Nimivool In | | 32A |
| 3 | Üheaegsustegur | | 0,6 |
| 4 | Pingesüsteem | | TN-C |
| 5 | Installeeritud võimsus Pi | | 21,3 kW |
| 6 | Arvutuslik võimsus Pa | | 12,7 kW |
| 7 | Vastupidavus lühisvoolule IIs | | 3 kA |
| 8 | Latid ja juhistik, AC | | L1,L2,L3,PEN |
| 9 | Kilbi kaitseaste | | IP65 |
| 10 | Paigaldusviis | | pinnapealne |
| 11 | Kinnitusviis | | Õhuliini masti külge |
| 12 | Ukse tüüp | | lukuga |
| 13 | Ukse min avamisnurk | | 120 |
| 14 | Pinnakate | | vast tootjale |
| 15 | Kilbi materjal | | metallist |
| 16 | Tähistused | | vast standardile |
| 17 | Tunnussilt | | vast standardile |
| 18 | Toitekaabli suund | | alt - ülevalt |
| 19 | Väljuvate kaablite suund | | alt |
| 20 | Reservruum kilpi | | 20% |
| | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tellijä: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr |
| Joonis: LIITUMISKILP | | | E-01104 |
|  ELEVÄLI püsivad ühendused Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@eleväli.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR00144 v.a. 21.11.05 | | Projekti juht TAAVI KLAOS | Joonise nr |
| | | Projekteeris Mihkel Raadik | Leht/Lehti 1/3 |
| | | Koostatud/trükitud 11.04.2016 | Stadium TJ |
| | | Fail | Mõõtkava |

| LATISTUS | SKEEM APARATUURI TEHNILISED ANDMED | VÕRGU TEHNILISED ANDMED | | | | | |
|----------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----|------|---------|-----------------------|
| | | GRUPI nr | TARBIJA NIMETUS | ARV | P kW | In/lv A | JUHTMESTIKU TEHN.AND. |



| | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------|--|--|--|---------|---------------------|
| 1 | SISESTUS ELEKTRIVÕRGUST KAHE SUUNALINE ARVESTI | | | | 63 / 32 | |
| SM | FRONIUS SMART METER | | | | | CAT5 FTP 4x2x0,5 |
| 2 | SISESTUS KILBIST JK JUHT SISESTUS KILPI JK JUHT | | | | 63 / 25 | AMCMK 3X16/10 |
| 3 | PINGEKONTROLL | | | | 63/16 | MCMK 3x2,5/2,5 |
| 100 | JUHTAHEL | | | | | |

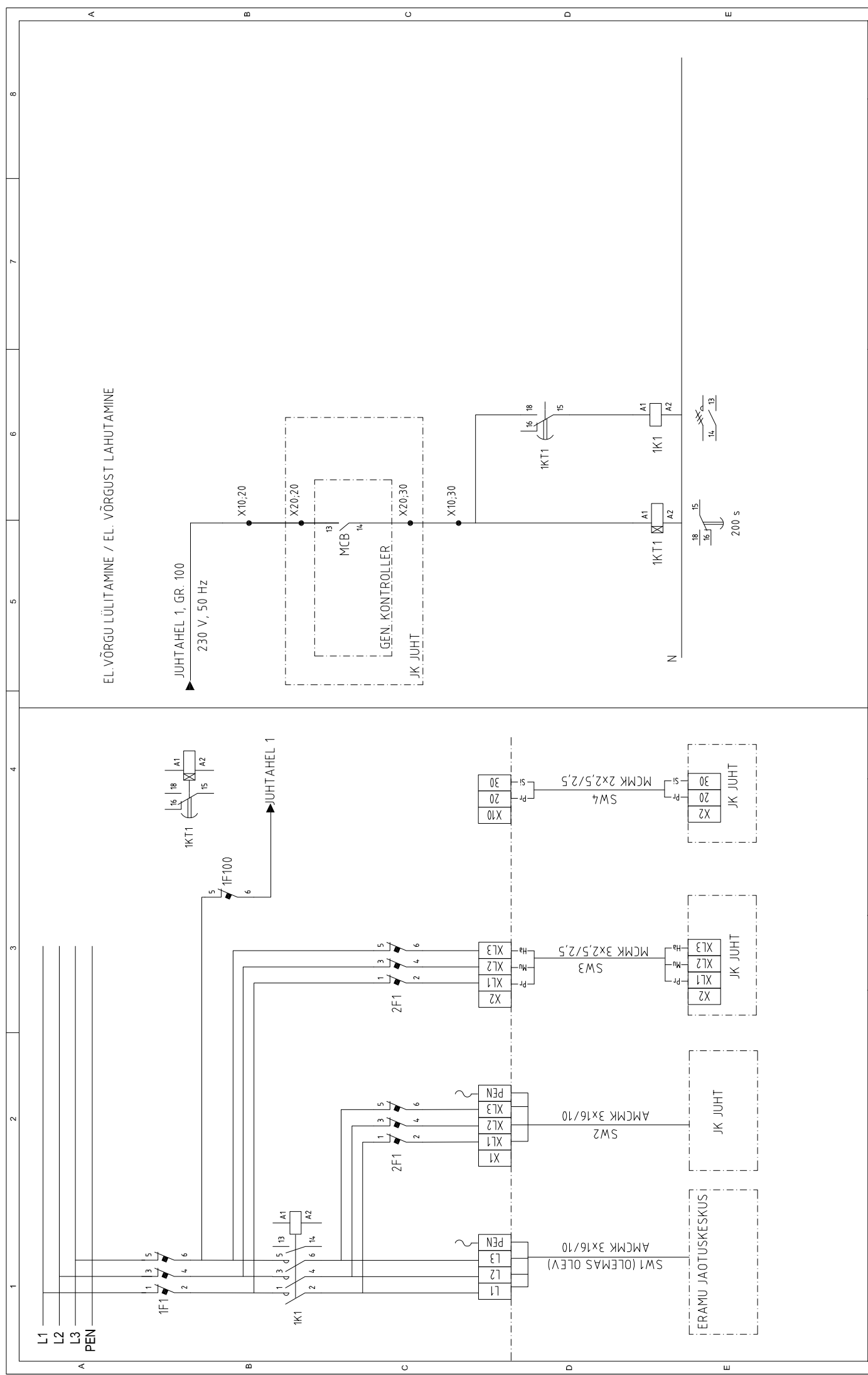
Tellija: AIVAR BERZIN Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND
ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJÕONISED

Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA Joonise nr E-01104


 Elevali AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@elevali.ee
 MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05

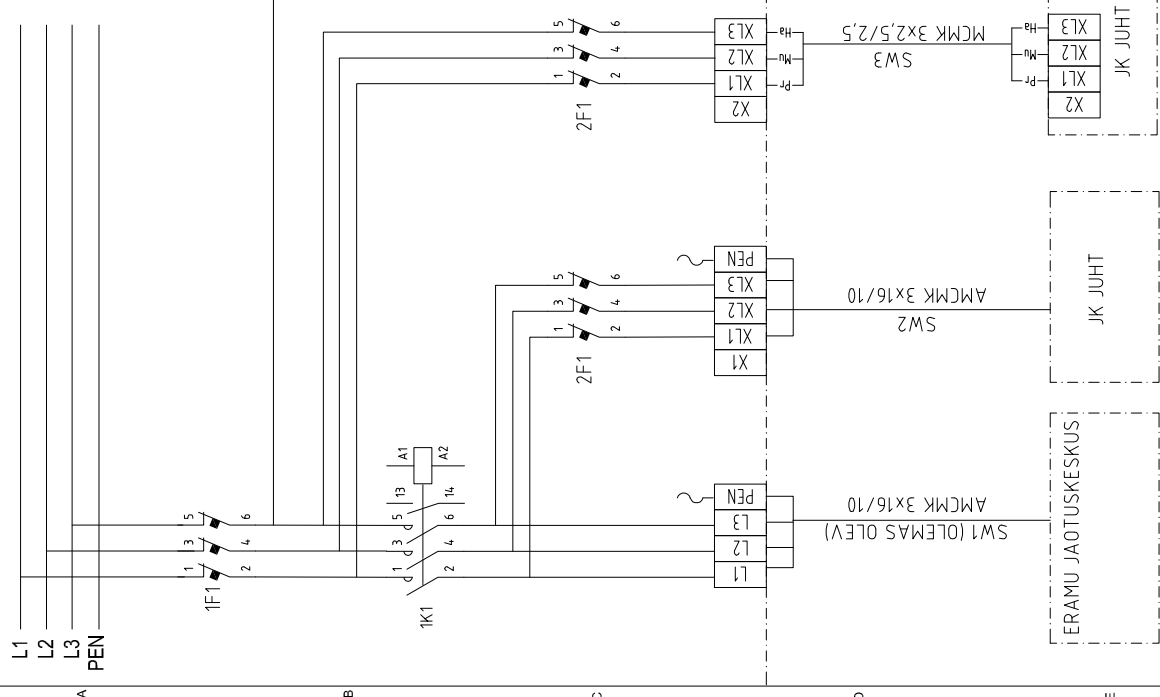
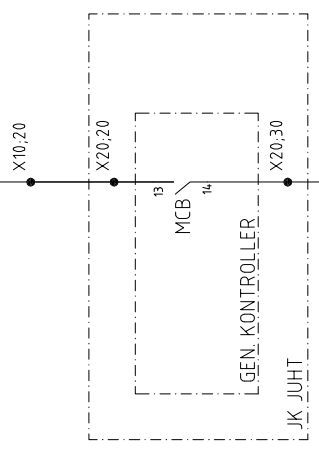
Projektijuht TAAVI KLAOS
 Projekteeris Mihkel Raadik
 Koostatud/trükitud 11.04.2016
 Fail


Leht/Lehti 2/3
 Staadium TJ
 Mõõtkava



EL.VÖRGU LÜITAMINE / EL. VÖRGUST LAHUTAMINE

JUHTAHEL 1, GR. 100
230 V, 50 Hz




| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------|---------------|-------------------------------------|---------|
|  Eelevali AS Tallinn, 58 Viiandri 7/018 tel.43 30603 e-mail: mail@eevali.ee MTR reg.nr. EL0274168-0001 v.a. 12.09.02, MTR reg.nr. FRR00104 v.a. 21.11.05 | | Projektjuht | Taavi Klaas | Objekt | |
| | | Projekteeris | Mihkel Raadik | ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD | |
| Kuupäev | 11.04.2016 | VILJANDI MAAKOND | | Töö number | - |
| Fail | | LIITUMISKILBI JUHTIMISKEEM | | Joonise number | E-01104 |
| | | | | Muud. | - |
| | | | | Muud. | 3 / 3 |

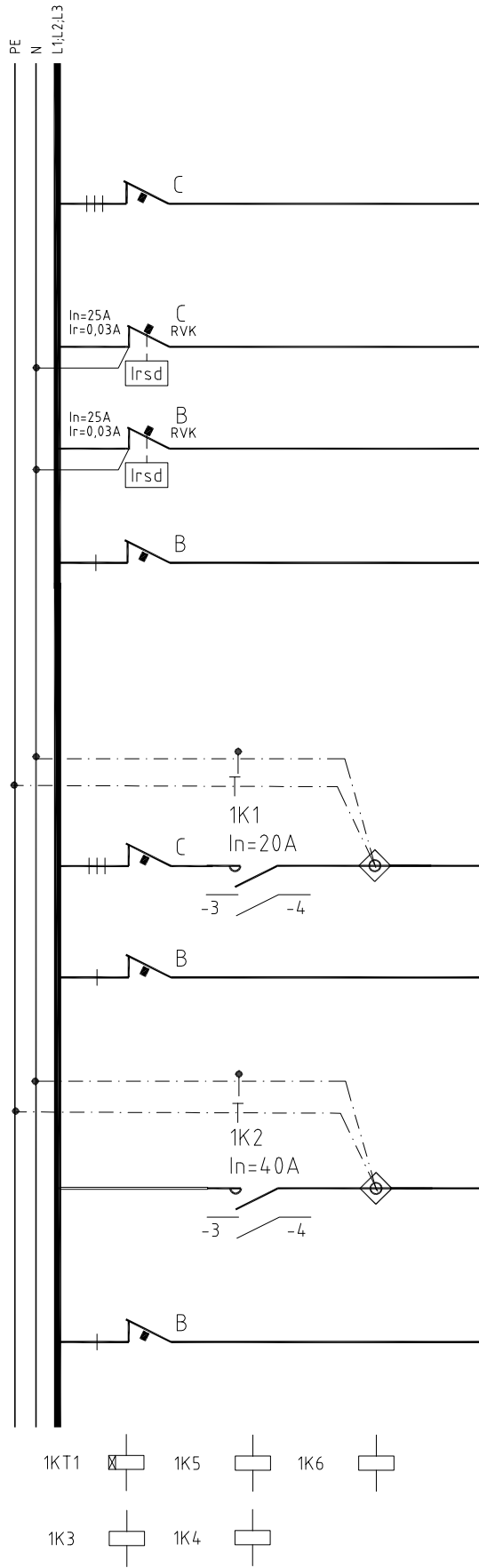
| | | | |
|----|-------------------------------|--|------------------|
| 1 | Nimipinge Ue | | 400 V / 50 Hz |
| 2 | Nimivool In | | 31 A |
| 3 | Üheaegsustegur | | 0,6 |
| 4 | Pingesüsteem | | TN-S |
| 5 | Installeeritud võimsus Pi | | 21,3kW |
| 6 | Arvutuslik võimsus Pa | | 12,7 kW |
| 7 | Vastupidavus lühisvoolule I1s | | 3 kA |
| 8 | Latid ja juhistik, AC | | L1,L2,L3,N,PE |
| 9 | Kilbi kaitseaste | | IP44 |
| 10 | Paigaldusviis | | pinnapealne |
| 11 | Kinnitusviis | | seinale |
| 12 | Ukse tüüp | | lukuga |
| 13 | Ukse min avamisnurk | | 120 |
| 14 | Pinnakate | | vast tootjale |
| 15 | Kilbi materjal | | metallist |
| 16 | Tähistused | | vast standardile |
| 17 | Tunnussilt | | vast standardile |
| 18 | Toitekaabli suund | | ülevalt - alt |
| 19 | Väljuvate kaablite suund | | alt |
| 20 | Reservruum kilpi | | 20% |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tellijä: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr |
| Joonis: JAOTUSKESKUS JK JUHT | | | E-01105 |
|  <p>ELEVÄLI püsivad ühendused</p> <p>Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@eleväli.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR00144 v.a. 21.11.05</p> | | Projekti juht TAAVI KLAOS | Joonise nr |
| | | Projekteeris Mihkel Raadik | Leht/Lehti 1/4 |
| | | Koostatud/trükitud 11.04.2016 | Stadium TJ |
| | | Fail | Mõõtkava |

| LATISTUS | SKEEM APARATUURI TEHNILISED ANDMED | VÕRGU TEHNILISED ANDMED | | | | | |
|----------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----|------|---------|-----------------------|
| | | GRUPI nr | TARBIJA NIMETUS | ARV | P kW | In/lv A | JUHTMESTIKU TEHN.AND. |



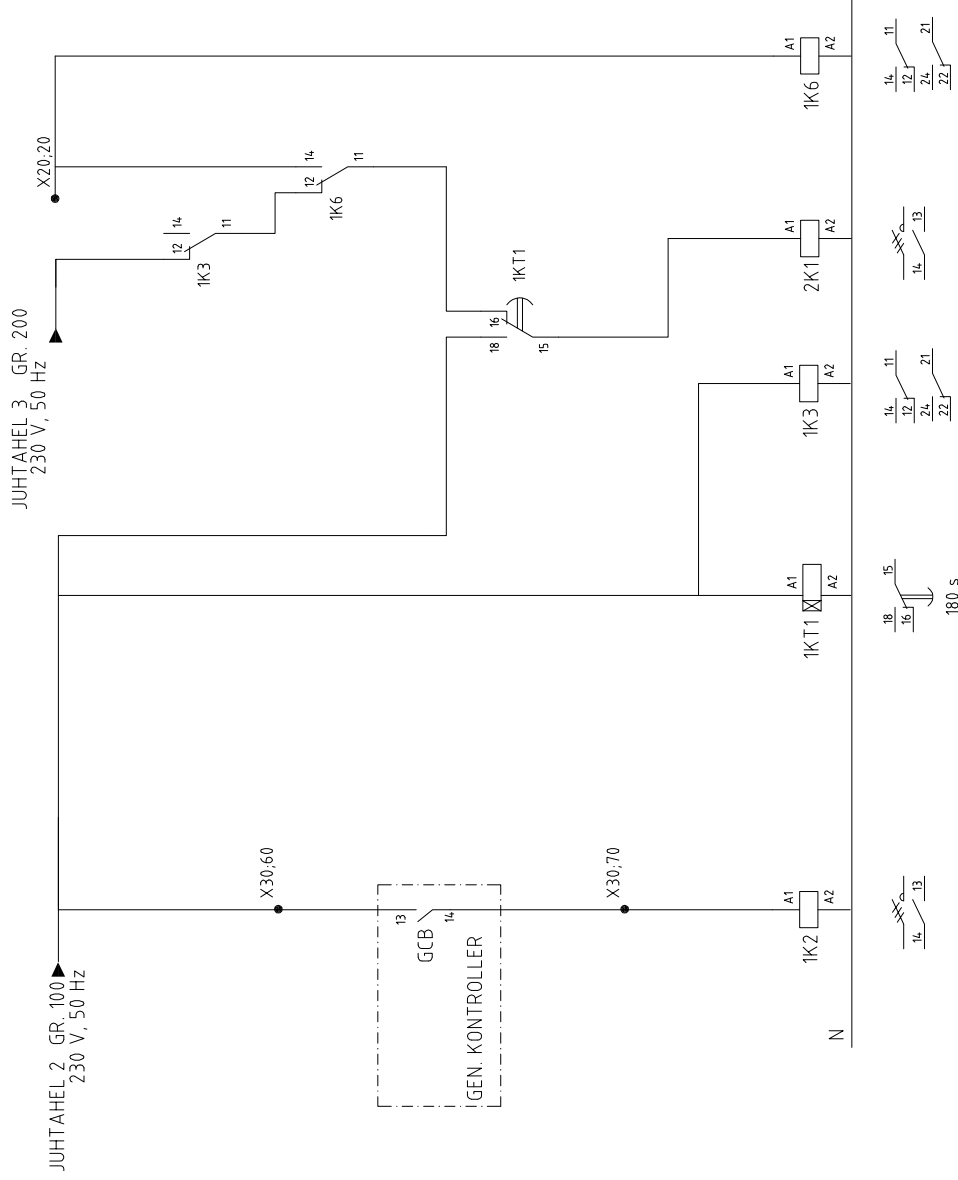
| | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------|---|-----|--|---------|---------------|
| 1 | SISESTUS LIITUMISKILBIST SISESTUS LIITUMISKILPI | | | | 63 / 32 | AMCMK 3x16/10 |
| 2 | PISTIKUPESAD | 3 | 0,9 | | 63 / 16 | PPJ 3G2,5 |
| 3 | VALGUSTUS | 3 | 0,1 | | 63 / 10 | PPJ 3G1,5 |
| 4 | GENERAATORI OMA TARVE AKU LAADIMISEKS | 1 | | | 63 / 6 | PPJ 3G1,5 |
| 5 | SISESTUS INVERTERITEST | | | | 63 / 16 | PPJ 5G2,5 |
| 200 | JUHTAHEL | | | | 63 / 6 | |
| | SISESTUS GENERAATORIST | | | | | PPJ 5G6 |
| 100 | JUHTAHEL | | | | 63 / 6 | |


Tellija: AIVAR BERZIN Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND
ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJÕONISED

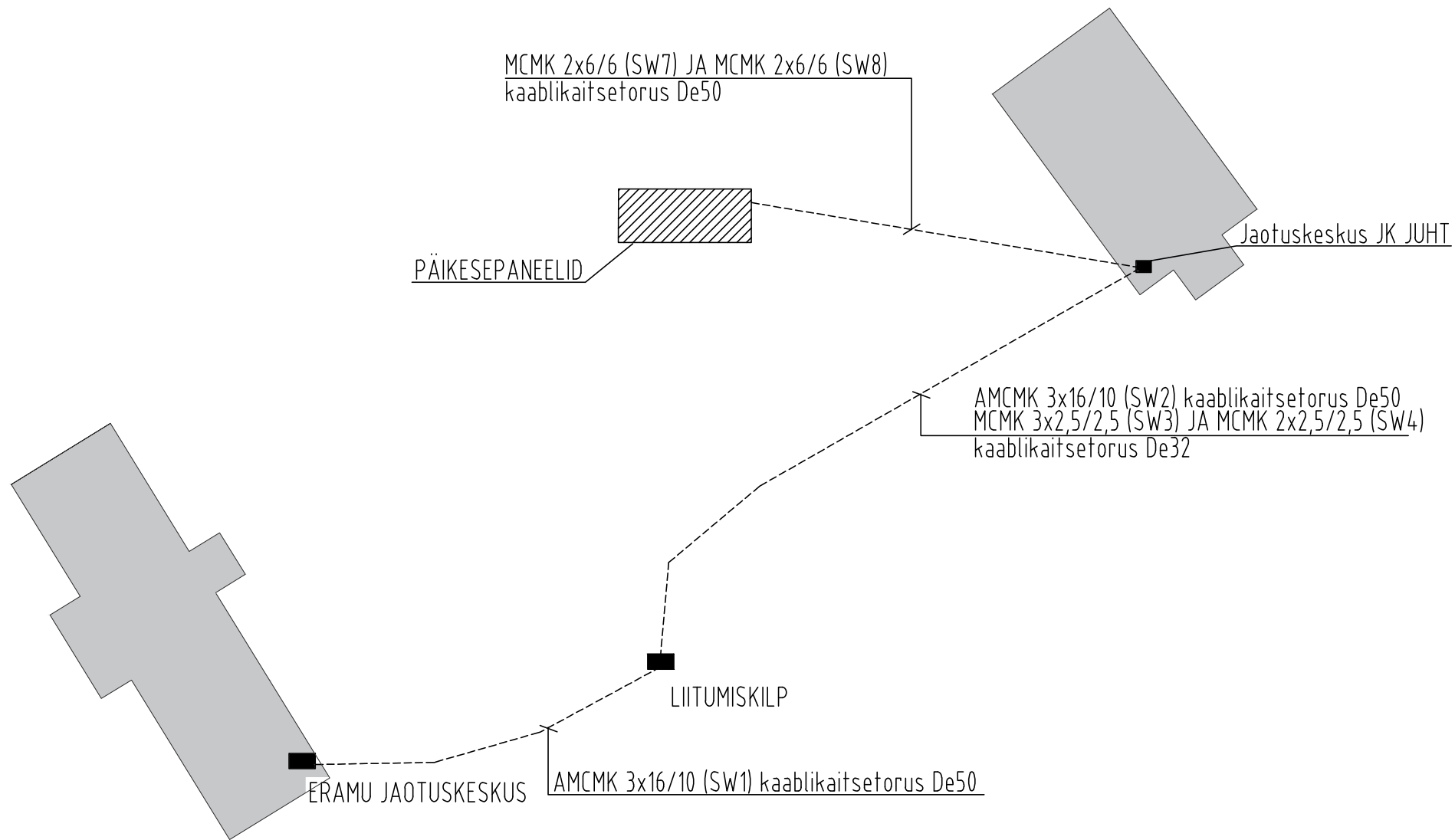
Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA Joonise nr E-01105
Joonis: JAOTUSKESKUS JK JUHT


ELEKTRIVÖRGUST LAHUTAMINE

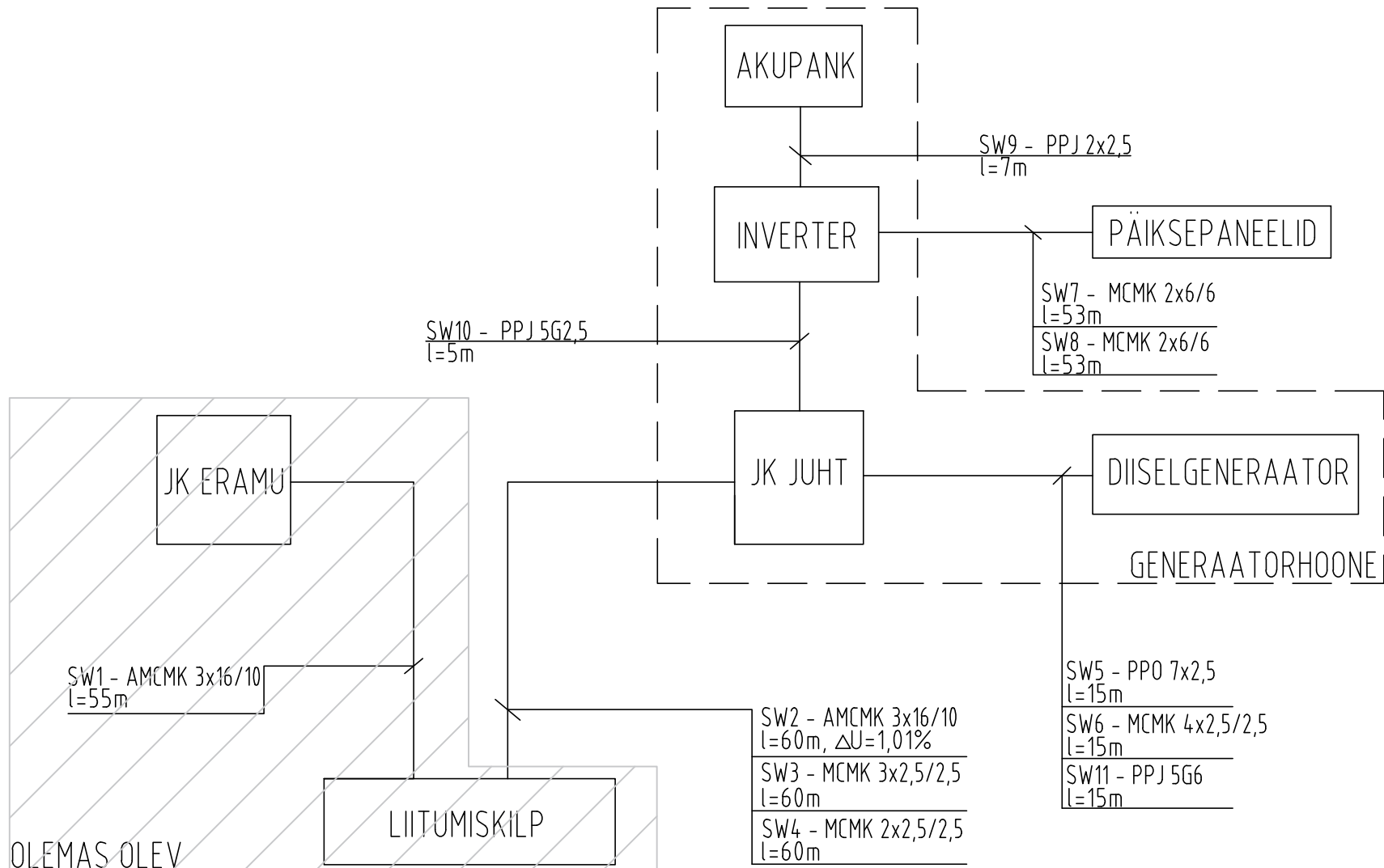
TOIDE GENERAATORIST




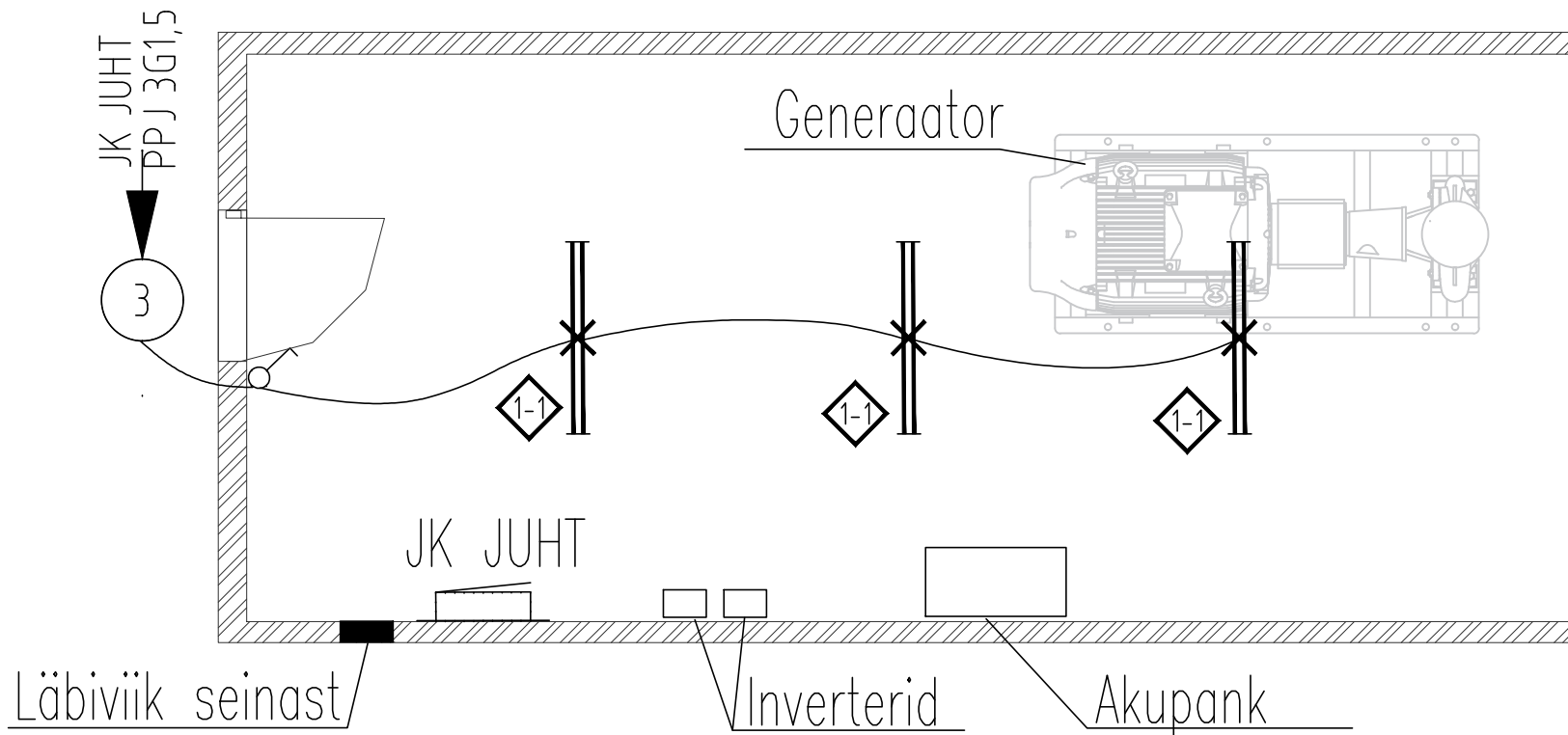
| | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------|-------------------------------------|---|----------------|---------------|
|  <p>ELEVALI PUSIVAD ÜHENDUSED Eleväli AS Tallinn, 58 Viiandri 7/1018 tel.43 30603 e-mail:mail@eleväli.ee MTR reg.nr. EL10274168-0001 v.a. 12.09.02, MTR reg.nr. FRR000164 v.a. 21.11.05</p> | Projekti juht | Taavi Klaos | Objekt | ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD | | Töö number | |
| | Projekiteeris | Mihkel Raadik | | VILJANDI MAAKOND | | Staadium | TÖÖPROJEKT |
| | Kiupäev | 24.03.2016 | | JAOTUSKILBI JK JUHT JUHTIMISSKEEM | | Joonise number | Muud. - |
| | Fail | | | | | | Muud. E-01105 |
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |



| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----|
| Tellija: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr E-01106 | |
| Joonis: ASENDI PLAAN | | | | |
|  ELEVALI püsivad ühendused Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@elevali.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05 | Projektijuht | TAAVI KLAOS | Leht/lehti | 1/1 |
| | Projekteeris | Mihkel Raadik | Staadium | TJ |
| | Koostatud/trükitud | 11.04.2016 | Mõõtkava | - |
| | Faail | | | |



| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Tellija: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VIJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr |
| Joonis: ÜHENDUSTE SKEEM | | | E-01107 |
|  ELEVALI püsivad ühendused Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@elevali.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05 | | Projektijuht | TAAVI KLAOS |
| | | Projekteeris | Mihkel Raadik |
| | | Koostatud/trükitud | 11.04.2016 |
| | | Faail | |
| | | Leht/lehti | 1/1 |
| | | Staadium | TJ |
| | | Mõõtkaava | |




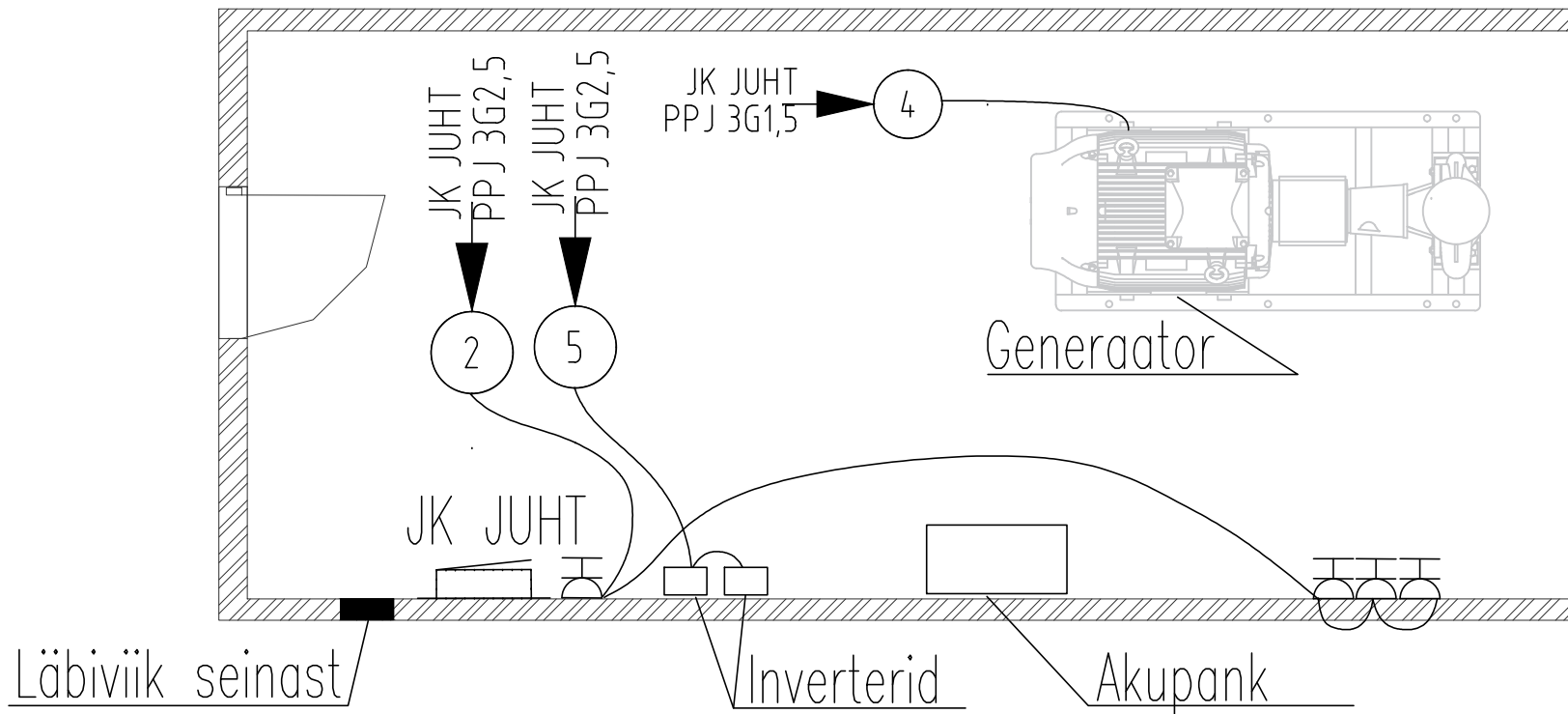
TINGMÄRGID:

- ⌚ Pinnapealne lüüti, IP 44
- ◊ Luminofoorlamidega 2x35W/T5/G5 valgusti

MÄRKUS

1. Valgustuse lüüti paigaldada 1m kõrgusele.
2. Valgustite- ja lüüti vaheliseks kaabelduseks kasutada PVC kaablikaitsetorusid.

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tellija: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr |
| Joonis: Valgustuspaigaldise plaan | | | E-01108 |
|  ELEVÄLI püsivad ühendused Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@eleväli.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05 | | Projektijuht TAAVI KLAOS | Leht/lehti 1/1 |
| | | Projekteeris Mihkel Raadik | Stadium TJ |
| | | Koostatud/trükitud 11.04.2016 | Mõõtkava 1:4 |
| | | Fail | |




TINGMÄRGID:

☒ Pinnapealne pistikupesa, IP 44

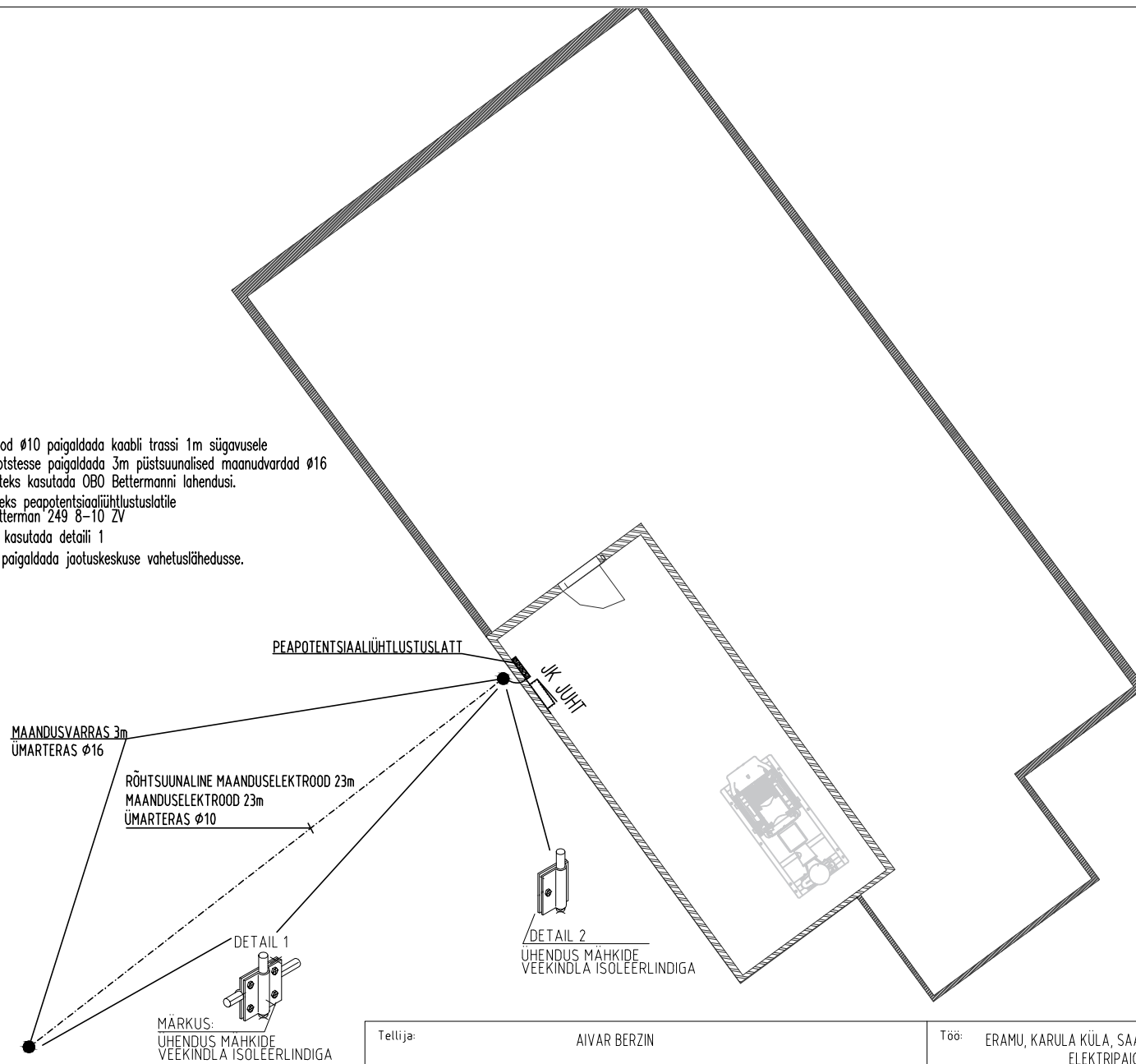
MÄRKUS

1. Pistikupesad paigaldada põrandast mõõdetuna 1,0 m kõrgusele.
2. Seadmete vahelised kaablid paigaldada seintel PVC kaablikaitsetorusse
3. Seadmetest seinani kasutada kaablite kaitseks paindliku PVC kaablikaitsetorusid

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Tellija: | AIVAR BERZIN | Töö: | ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED |
| Objekt: | ERAMU MIKROTOOTJA | Joonise nr | E-01109 |
| Joonis: | Ühendussüsteemide plaan | | |
|  <p>ELEVÄLI püsivad ühendused</p> <p>Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@eleväli.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05</p> | | Projektijuht | TAAVI KLAOS |
| | | Projekteeris | Mihkel Raadik |
| | | Koostatud/trükitud | 11.04.2016 |
| | | Fail | |
| | | Leht/lehti | 1/1 |
| | | Stadium | TJ |
| | | Möötkava | 1:4 |


MÄRKUS

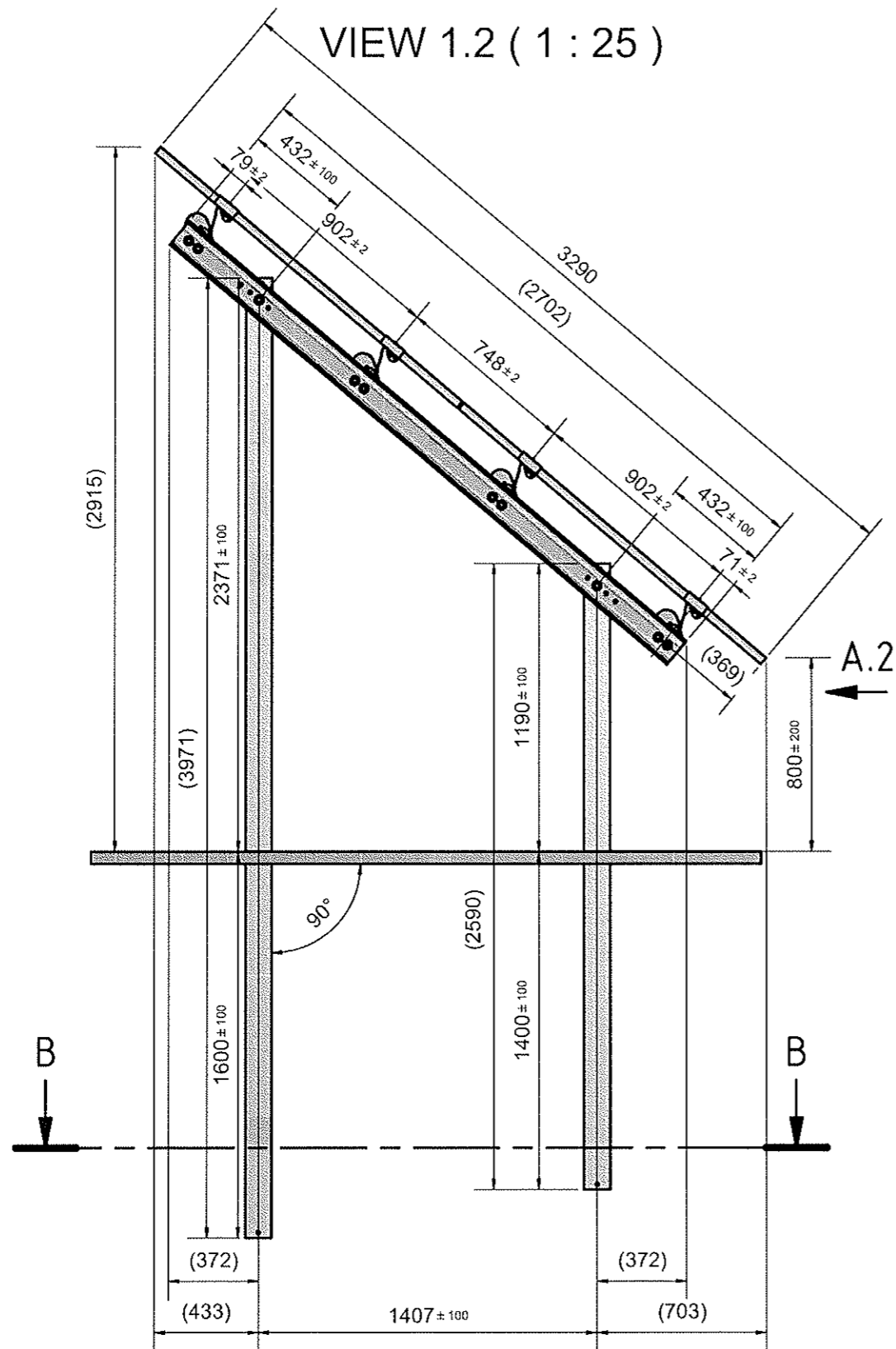
1. Rõhtsuunaline maanudelektrood $\varnothing 10$ paigaldada kaabli trassi 1m sügavusele
2. Rõhtsuunalise elektroodide otstesse paigaldada 3m püstsuunalised maanudvardad $\varnothing 16$
3. Maanduskontuuri ühendamiseks kasutada OBO Bettermanni lahendusi.
4. Maanduskontuuri ühendamiseks peapotentiaaliühenduslattel kasutada detaili 2; OBO Betterman 249 8-10 ZV
5. Ümar/ümarjuhi ühenduseks kasutada detaili 1
6. Peapotentiaaliühenduslattel paigaldada jaotuskeskuse vahetuslähedusse.



DETAIL 1
MÄRKUS:
ÜHENDUS MÄHKIDE
VEEKINDLA ISOLEERLINDIGA

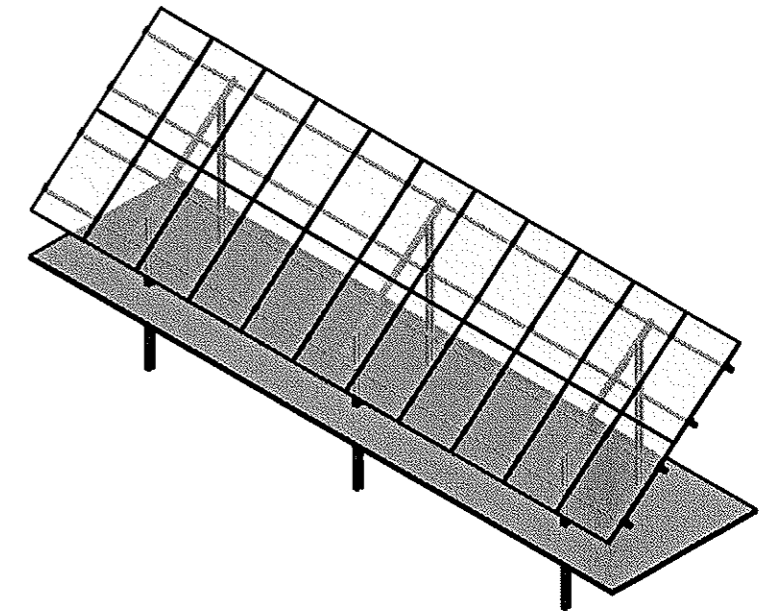
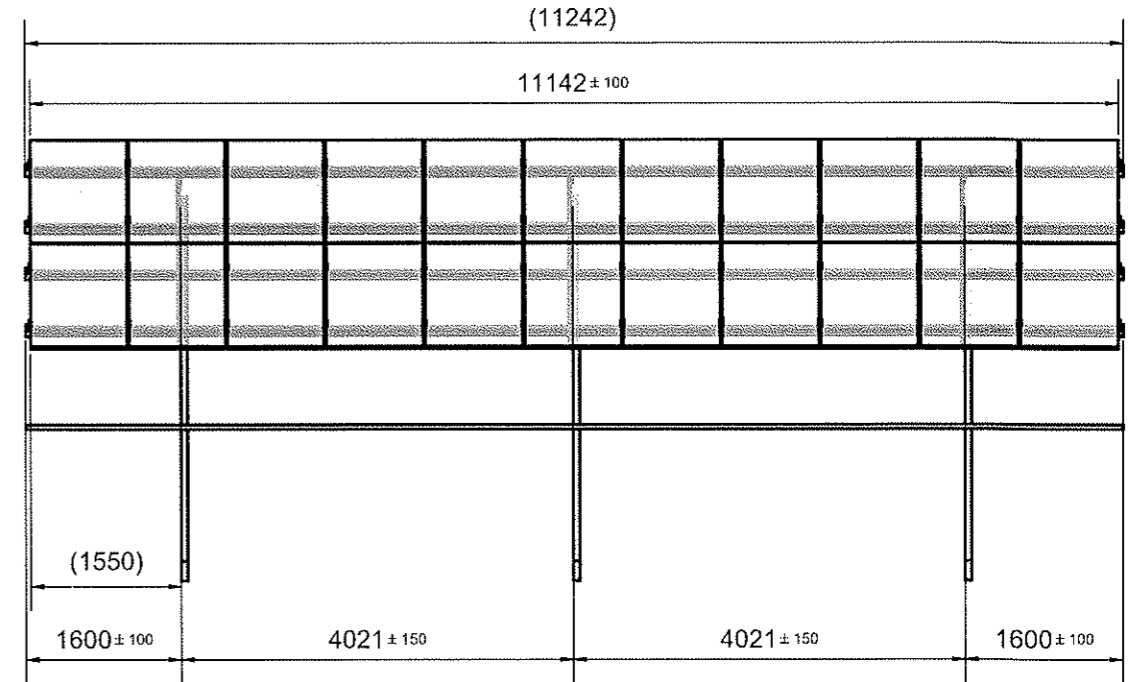
DETAIL 2
ÜHENDUS MÄHKIDE
VEEKINDLA ISOLEERLINDIGA

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tellija: AIVAR BERZIN | | Töö: ERAMU, KARULA KÜLA, SAAREPEEDI VALD, VILJANDI MAAKOND ELEKTRIPAIGALDISE TÖÖJONISED | |
| Objekt: ERAMU MIKROTOOTJA | | | Joonise nr |
| Joonis: Generaatorhoone maanduse ja poentsiaalühltustuse plaan | | | E-01110 |
|  ELEVÄLI püsivad ühendused Eleväli AS Tallinna 58 Viljandi 71018 tel 43 30603 e-mail mail@elevali.ee MTR reg.nr. EL10274158-0001 v.a 12.09.02; MTR reg.nr. FPR000144 v.a. 21.11.05 | | Projektijuht TAAVI KLAOS | Leht/lehti 1/1 |
| | | Projekteeris Mihkel Raadik | Stadium TJ |
| | | Koostatud/trükitud 11.04.2016 | Mõõtkava - |
| | | Fail | |



CUTAWAY VIEW B-B (1 : 25)

A.2 (1 : 75)



MODULE
1640x992x35
PURLIN
Z-250
GIRDER
C-250
PILE-DRIVEN FOUNDATION
SRF6

| | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | DATE 29.02.2016 | STAMP, SIGNATURE OF APPROVAL | |
| | | DRAWN BY Ober.Gü | | |
| SCHLETTER GMBH GEWERBEGBIET AN DER B15 ALJSTRASSE 1 83527 KIRCHDORF / HAAG I. OB GERMANY WWW.SCHLETTER.DE | | AUDITED BY | SCHLETTER JOB NUMBER 46026606 | |
| | | RACK INFORMATION FS DUO | | |
| <small>Schletter GmbH reserves the right to make modifications to the construction, choice of materials, specification and design even after order confirmation and approval and release of the drawings, and those modifications are permissible provided that such changes serve the technical improvement of manufacturing or products and are reasonable for the customer.</small> | | PROJECT ADDRESS | CLIENT Eleväli AS | PROJ. METHOD |
| | | 71018 Viljandi Estland | | |
| REV. 00 | DRAWING NAME 01_Karula II_FS2V-40°-11_DUO | | | SCALE SHEET SIZE A3 |