



Aleks Traumann

PROBLEEMIDE TEKKEPÕHJUSED PÄIKESEELEKTRIJAAMADES JA HOOLDUSJUHENDI KOOSTAMINE

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Elektrotehnika eriala

Juhendaja: Indrek Tukmann

Tallinn 2023

Mina, Aleks Traumann, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja

Indrek Tukmann

/Allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Aleks Traumann, sünnikuupäev: 18.08.1999 annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Probleemide tekkepõhjused päikeseelektrijaamades ja hooldusjuhendi koostamine

(lõputöö pealkiri)

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas

11.05.2023

(kuupäev)

/Allkirjastatud digitaalselt/

(autori allkiri)

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 PÄIKESEPANEELI SÜSTEEMIDE PROBLEEMIDE ESINEMINE	6
1.1 Katusepaneelide sisse vajumine lume tõttu	6
1.2 MC4 pistikühendused	7
1.3 Praaktoodang	8
1.3.1 Päikese paneelide inspeksioon ja kvaliteedi kontroll.....	10
1.3.2 Kvaliteeti kontrollivad ettevõtted.....	11
1.4 Inverter.....	12
1.4.1 Inverteri probleemid.....	13
1.5 Kaabeldus, kinnitus ja ühendus vead.....	13
1.6 Ilmastiku ohud	15
1.6.1 Paneelid valedes kohtades	17
1.7 Liitumiskilbi ülekuumenemine.....	17
1.8 Paneelide paigaldus katusel	18
1.8.1 Päikeseelektrijaamade paigaldusviisid.....	20
1.9 Linnupesad ja närilised	22
1.10 Alalisvoolu kaare rikked	24
1.10.1 Mis on alalisvoolu kaare rike?	24
1.10.2 Kus päikeseelektrisüsteemis võivad tekkida alalisvoolu kaare rikked?	25
1.10.3 Alalisvoolukaare tüübid	25
1.10.4 Alalisvoolu kaare rikke tekkepõhjused	26
1.11 Päikesesüsteemi kaitselüliti	27
1.11.1 Kuidas arvutada päikeseenergia kaitselüliteid päikeseelektri süsteemis.....	28
2 HOOLDUSJUHEND	29
2.1 Hoolduskäidujuhend kliendile	29
2.2 Hoolduskäidujuhend ettevõttele	29
2.3 Hooldustööde maksumuse leidmine	29
KOKKUVÕTE.....	30
SUMMARY	31
VIIDATUD ALLIKAD.....	32

LISAD 35

SISSEJUHATUS

Päikeseelektrijaamad on Eestis uus teema. Eestis rajati päikeseelektrijaamu massiliselt 2019-2021 aastate jooksul. Väga suuresti mõjutas seda buumi hüppeline elektrihindade kasv ja riigi poolsed toetused.

Nüüd on aga näha, et paljudes kohtades kuhu on päikesejaamu rajatud on üles kerkinud paljusid probleeme, mis on tulenenud inimeste mitte teadlikkusest.

Nendest probleemidest võivad tekkida tulepuhangud, millest enamjaolt on nii tellijad kui ka paigaldajad teadmatuses. Üheks põhjuseks, miks selline teadmatus Eestlaste seas ette kerkib tuleneb sellest, et Eestis pole piisavalt uuritud ja välja antud Eesti keelset kirjandust, mis annaks informatsiooni päikeseelektrijaamadest ja täpsemalt ohtudest, mis võivad tekkida. Enamus kirjandust on välismaine ja leitav internetist peamiselt inglise keeles.

Lõputöö autori (tulenevas tekstis autor) huvi teha etteantud teemat tulenes autori praktikast, kus autor puutus kokku erinevate probleemidega päikeseelektrijaamades. Töö peaesmärgiks on tuua välja ettetulenevaid probleeme päikeseelektrijaamades, millest need peamiselt tulenevad, kuidas ja mida saaks teha, et ennetada probleemide ülestõusmist ning mis juhtub siis kui probleeme ei kõrvaldata.

Töös toob autor välja probleemi, seejärel kirjeldab probleemi võimalike põhjuseid ja seejärel toob välja võimalike lahendamise ja ennetamise viise koostades hooldusjuhendid.

Töös ei ole kasutatud eestikeelset materjali kuna see on veel väga puudulik. Peamiselt on lõputöö kirjutatud toetudes välismaisele kirjandusele ja päikeseelektripaigaldiste paigaldajate kogemustele.

1 PÄIKESEPANEELI SÜSTEEMIDE PROBLEEMIDE ESINEMINE

Selles peatükis on käsitletud päikesepaneeli süsteemide probleemide esinemisi. Peatükis on toodud välja peamised probleemid, millega töö autori ettevõtte Nevid Grupp OÜ on kokku puutunud. Probleemid on välja toodud esinemissageduse järgi, millega töö autor puutus kokku töötades ettevõttes Nevid Grupp OÜ.

1.1 Katusepaneelide sisse vajumine lume tõttu

Katusepaneelide sisse vajumine lume tõttu on üks tõsisem ja enim ettetulevam probleem talveperioodil. Lume kogunemine päikesepaneelide katusele ja mitte selle eemaldamine võib põhjustada mitmeid erinevaid probleeme. [1]



Joonis 1. Lumi päikesepaneelidel [2]

Esiteks, liiga palju lund paneelidel võib tekitada päikesepaneelide mehaanilist kahjustust, kuna lumemass avaldab neile suurt survet. Päikesepaneelide tootmises kasutatakse enamasti materjale, mis ei ole ette nähtud kannatamaks lume raskust, ning lisaks kui paigaldada toed liiga suure sammu vahega

suurendab see veel omakorda sisse vajumis ohtu. Seega kui lumekiht on liiga paks, võib see põhjustada paneelide pragunemist või isegi purunemist. [1]

Teiseks, lume kogunemine päikesepaneelidele vähendab päikesevalguse pääsu paneelidele, mille tulemusena elektritootmine väheneb. Lumekihi ilmnemisel tuleks paneelid puhastada, et tagada nende maksimaalne jõudlus ja toodang. [1]

Kolmandaks, lumekiht paneelide kohal võib suurendada tuleohtu. Kui paneelide all olev lumi sulab, võib see põhjustada vee lekkimist juhtmetesse või inverterisse, mis võib omakorda põhjustada tulekahjuohtu. [1]

Katusepaneelide sisse vajumine lume tõttu on päikesepaneelide süsteemidele tõsine ja sagedasti esinev probleem, mis võib põhjustada kahjustusi, vähendada elektritootmist ning suurendada tuleohtu võimaliku ilmnemise teket. Seetõttu on oluline võtta ennetavaid meetmeid, nagu näiteks regulaarne lumekoristus, et tagada päikesepaneelide süsteemide sujuv ja ohutu töö talveperioodil ning paigaldades paneele võtta õige sammu vahe, et ennetada paneelide sisse vajumis ohtu.

1.2 MC4 pistikühendused

MC4 pistikühendused on ühe kontaktiga elektrijuhid, mis võeti kasutusele 2011. aastast, mida kasutatakse päikesepaneelidel omavaheliseks ühenduseks. MC tähendab *Multi-Contact* ning number 4 näitab kontakti läbimõõtu millimeetrites. Hetkese seisuga on MC4 üks enim levinumaid pistikühendusi, mida kasutatakse päikeseelektrijaamades. [3]

Pistikühendus koosneb kahest osast, mille üks osa (isane) on paneeli ühes otsas ja teine osa (emane) on paneeli teises osas. Paneelid paigaldatakse seejärel järjestikuliselt ning seejärel tehakse need ühendused paneelide vahel. Pinge milleni kasutatakse MC4 pistikuid on 1500 V. [4]

Üheks levinuks probleemiks, mis esineb MC4 pistikühendustega on nõrk pistikusisene kontakt, mis võib tuleneda sellest kui pistikute ühendamisel kokku surumise protsessis *spring clip* liigub emase kontakti sisse ja deformeerub. *Spring clipi* eesmärk on pistikühendustes suurendada elektrijuhtivust. [4]



Joonis 2 Defektne ühendus MC4 pistikus [5]

Teiseks levinuks probleemiks, mis esineb MC4 pistikühendustega on valede tööriistade kasutamine paigaldaja poolt. MC4 pistikühenduste ühendamiseks on ette nähtud spetsiaalsed tangid, millega saab valmistada ette täpse ristlõikega otsi. Juhul kui kasutatakse teisi tange ei ole võimalik otsale rakendada piisavat survetugevust ja ei ole võimalik tekitada õiget mustrit. [4]

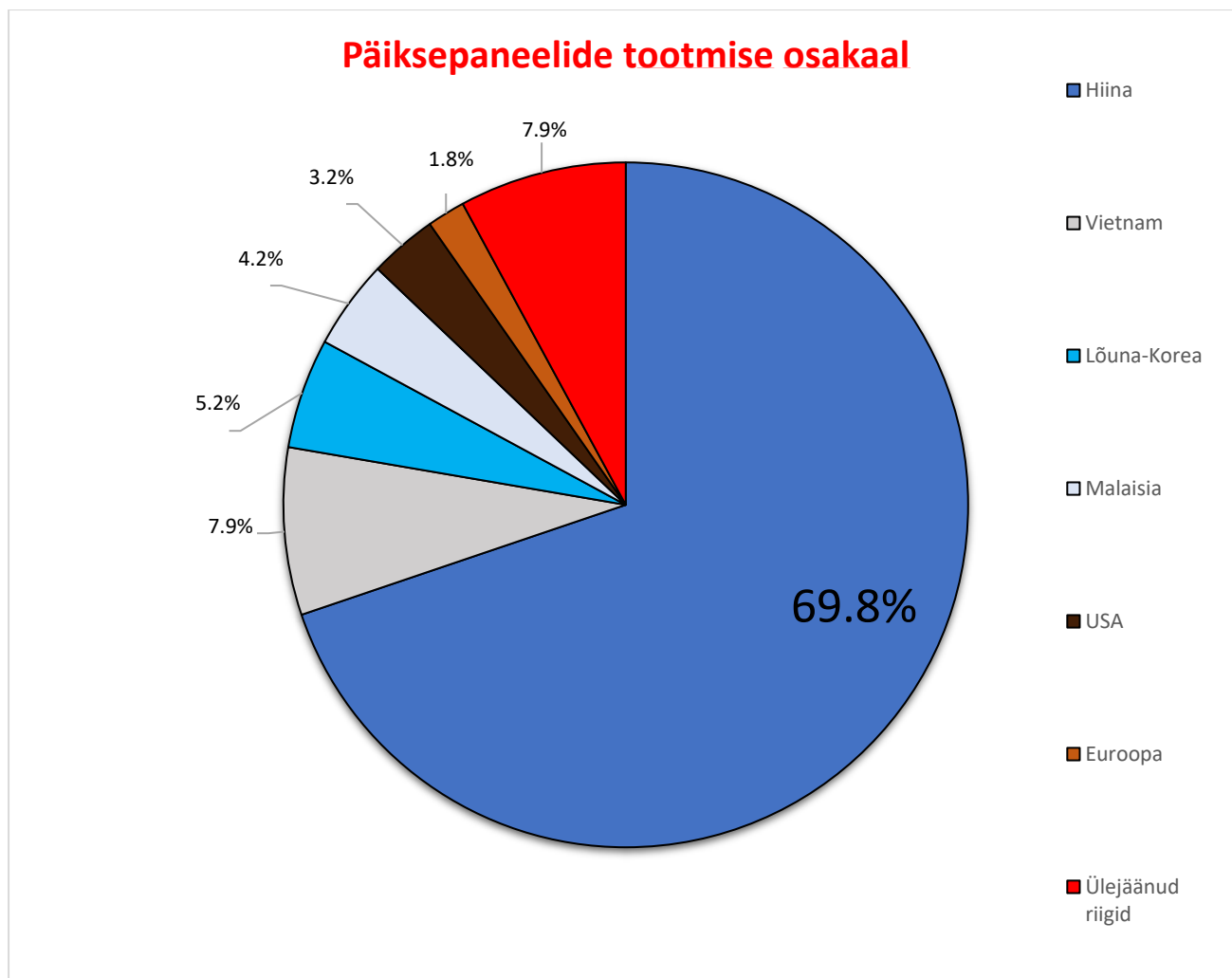
Nende kahe probleemi olemasolu on võimalik koheselt tuvastada ainult siis kui viga on tehtud paneelil, mis paikneb inverterile kõige lähemal, sest sel juhul on sisse tulev pinge inverterile 0V. Olukorras, kus viga on tehtud ahela lõpu pool on viga tuvastada väga raske. Sest pinge on pidevas muutumises erinevates väli tingimustes. [4]

Viga on võimalik üles leida hiljem, kasutades monitoorimiskeskonda ning võrrelda piisava aja möödudes infot, mis hetkel on, infoga, mis eelnevalt oli.

Defektse pistikühenduse korral ei ole oht ainult see, et see mõjutab tootlikust. Suurem oht, mis defektse ühenduse korral võib juhtuda on see, et ebapiisava kontakti tõttu hakkab voolutugevus ja pinge tõus mõjutama defektset ühenduspunkti, mille tõttu see hakkab kuumenema ning seejärel võib põlema minna. [6]

1.3 Praaktoodang

Enamus päikesepaneele toodetakse Hiinas. Vietnam on viimastel aastatel kasvatanud enda päikeseelektri paigaldiste komponentide tootlikkuse kasvu aga sellest hoolimata toodab hiina 70 protsenti iga aastaselt päikeseelektri süsteemide rajamiseks vajalike komponente. [7]

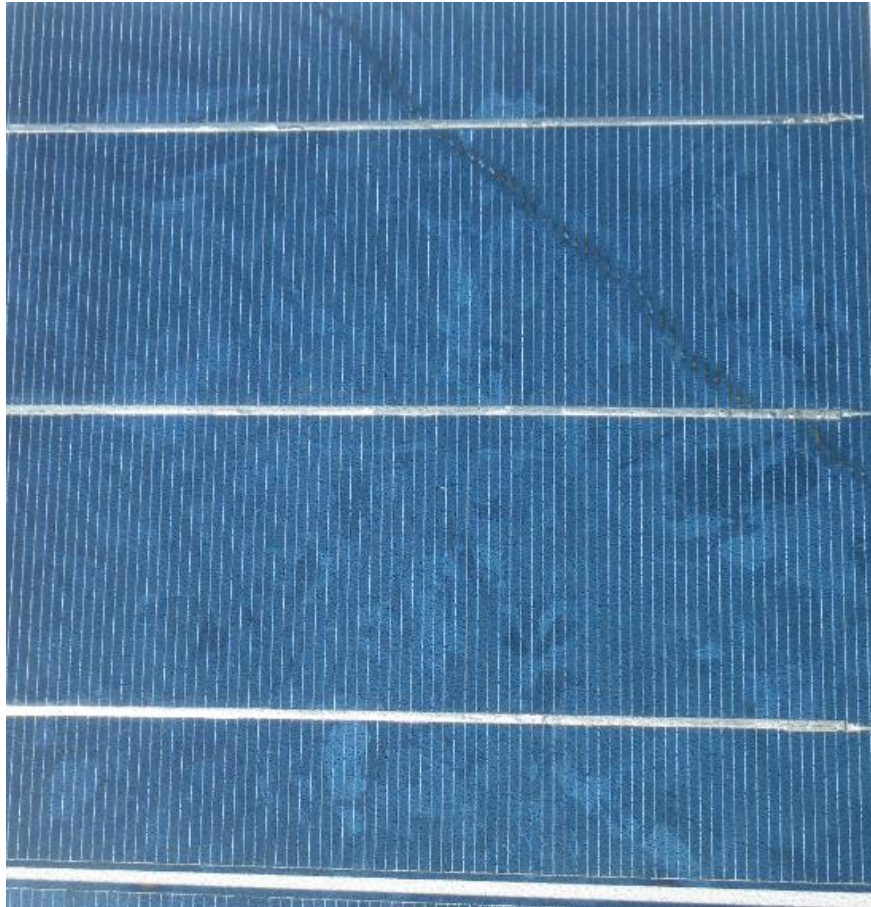


Joonis 3 Päiksepaneelide tootmise osakaal

Tehastest võib tulla igasugust erinevat praaktoodangut. Enim ette tulenevad probleemid päiksepaneelidel:

- Vee sissepääs paneelidesse
- Vale paneeli värv
- Paneeli kahjustus
- Mullide tekke paneelidel
- Väär materjali kasutus komponentide tootmisel
- Liigse liimi nähtavus komponentidel
- Mikromõrad paneelidel
- Katkised või kriimustatud paneelid

- Valed paneelide mõõdud
- Valed kaablite pikkused
- Halb isolatsiooni kaitse
- Halb patarei jõudlus [4]



Joonis 4. Paneel, millel on mikromõrad, makromõrad ja mullid pinnase all (laigud) [8]

1.3.1 Päikese paneelide inspeksioon ja kvaliteedi kontroll

Praaktoodangu vältimiseks, tuleb tellida päikeseelektrisüsteemide komponente tehastest, mis on partnerluses erinevate kvalifitseeritud kontroll firmadega. Kui on tegemist päikesepaneelidega, mida toodetakse tehastes, mis on partnerluses kontroll firmadega, kes veenduvad seadmete korrashoiust tuleb ette praaktoodangut harvemini.

Juhul kui tuleb ette praak toodangut, mis tuleb tehastest, kus on kontroll peal on peamiseks põhjuseks paneelide transportimine. Transportimisel võivad paneelid saada kahjustada ning nendel võivad tekkida nähtavad või mitte nähtavad praod. [7]

Alati tuleks tellida päikeseelektrijaamade komponente tehastest, kes on partnerluses ettevõtte või ettevõtetega, kes kontrollivad seadmete kvaliteeti, et vähendada praaktoodangu ilmnemise tõenäosust.

1.3.2 Kvaliteeti kontrollivad ettevõtted

Ettevõtted, kes kontrollivad päikeseelektrijaama jaoks vajalike komponentide kvaliteeti leidub palju. Elektriseadmete tellimisel eriti kallimate komponentide tellimisel, milleks on inverteerid ja päikesepaneelid tuleks need tellida tuntud tootjate poolt. Tuntud tootjad ehk *Tier 1* tüüpi tootjad on tootjad, kes on rahvusvaheliselt tunnustatud. [6]

Quima, Solarif, Trinasolar, HQTS, CEA on tuntumad kvaliteet kontroll firmad. Need firmad, mitte ainult ei kontrolli lõpptoodangu seisu vaid ka teevad muutusi toodete tootmise protsessides, et kõik vastaks vastavalt nõuetele.

CEA (clean energy associates) ettevõtte auditi alla lähevad järgmised tööülesanded:

- Haldamis eeskirjad ja tavad
- Kvaliteedi ja töökindluse eeskirjad ja tavad
- Tehase sertifikaadi audit
- Juhtkonna ja töötajate koolitus
- Tootmisprotsessi ja materjalihalduse audit
- Valmistoodete laadimine/pakkimine ja logistika juhtimisaudit
- Ettevõttesisene katselabori juhtimisaudit
- Tehase ja tarnija protsessid ja dokumentatsioon [9]

Praaktoodangu puhul on põhjus teada, miks tekkis või miks võib tekkida ohtlik olukord. Ohtlik olukord tekib sellepärast, et toode oli vigane.

Autori enda kogemustest on autor näinud olukordi, kus inimesed tellivad endale paneelid ja inverteerid Hiinast, ning seejärel tellivad paigaldajad Eestist. Inimeste teadlikus sellest, kui palju

toodetakse praaktoodangut päikeseelektri valdkonnas on väga väike. Ning nad ei ole piisavalt teadlikud, et tellides Hiinast, tuleks alati veenduda, et ettevõtte tootele teeks keegi kvaliteedi kontrolli.

Lahendus selleks, et vältida praaktoodangut, tuleks tellida päikeseelektrijaamade rajamisel tooteid, mis valmistatakse tehastes, kus kontrollitakse toote kvaliteeti ning tehakse erinevaid auditeid, mis veenduvad seadme korrashoius ja kvaliteedis.

1.4 Inverter

Selles alapeatükis käsitletakse päikeseenergia invertereid. Päikeseenergia inverterid on päikesesüsteemi üheks kõige olulisemaks komponendiks. Neid on mitmesugusel kujul ja need pakuvad palju funktsioone, nagu energiatootmise jälgimine, jõudlusandmete kuvamine ja vigadest teatamine.



Joonis 5. Pilt Inverterist [10]

1.4.1 Inverteri probleemid

Üheks kõige tüüpilisemaks probleemiks inverteritega on inverteeri ülekuumenemine. Inverteri ülekuumenemine mõjutab negatiivselt üldist teenindust ja energiatoodangut. Liigsel kuumenemisel ületades maksimaalset töötemperatuuri võib süsteem ennast välja lülitada. [11]

Peamine põhjus, miks toimub ülekuumenemine tuleneb sellest, et puudub piisav jahutus. Selleks tuleb pidevalt kontrollida ventilatsiooni efektiivsust. Lisaks tuleks ruumile kuhu on paigaldatud inverter paigaldada ventilatsioon ja paigaldada eraldi juhutustehnikat inverterile endale. Parimate tulemuste saavutamiseks tuleks paigaldada lülituskappi jahutusventilaatorid ja luua õhuvoolu muster. [10]

Isolatsiooni viga tekib siis, kui seade on kitsas ruumis, kus on vähene õhuringlus ning inverterile pääseb ligi niiskus. Niiskus tekitab korrosiooni teket ühenduste otspunktides, mille tulemusena võib tekkida lühis. Kui seade on paigaldatud piirkonda, kus on palju niiskust, on isolatsiooni puudulikkusest tulenevate probleemide esile tõusmise tõenäosus küllaltki suur. Isolatsiooniprobleemide lahendamiseks tuleks veenduda, et alalisvoolukaablid oleksid kvaliteetsed ja et kõik ühendused oleksid veekindlad. [10]

1.5 Kaabeldus, kinnitus ja ühendus vead

Ilma õigete paigaldusmeetoditeta võib ligi pääseda vesi lülitile, väli kilpi, kilpi, mis võib põhjustada korrosiooni ühendus otspunktides.



Joonis 6. Vee mõju lülitile [12]

Juhul kui kaabli kõrid ei ole korralikult kinnitatud, võivad halva ühendusega seotud probleemid muutuda tõenäolisemaks eriti välitingimustes. Kaabli kõrid peaksid olema kinnitatud kõri otspunktides, et peatada vee võimaliku ligipääsu ühenduste otspunktile. [12]



Ohtlik olukord võib tekkida ka olukorrast, kus kruvi ei ole korralikult kinni lastud või siis kruvi on vastupidi liiga tugevasti kinni lastud. See võib tekitada väli tingimustes pragusid, mis aja jooksul muutuvad piisavalt suureks, et vett pääseb piisavas koguses sisse, et ohustada karbi või kilbi sees olevaid ühendusi. Vesi tekitab ühenduste otspunktides korrosiooni, mille tulemusena ühendused, muutuvad ohtlikuks. [12]

Kilpide, lülite, harukarpide kasutamisel tuleb ette olukordi, kus kinnitamiseks tehtud augud, mida lõppuks ei kasutata, jäetakse täitmata, mis jällegi jätab veele võimaluse sisse pääseda ja ohustada ühendus punkte. [12]

Üle lastud kinnituskruvid tuleks alati üle kontrollida ja veenduda, et paigaldis on turvaline ja juhul kui on tekitatud auke mida ei kasutata, tuleks need katta.

Ühenduste kinnitamisel on üks enim levinumaid probleeme, see kui on tegemist ühendustega, mis on lahtised. Need tekkivad kui paigaldaja ei veendu kaabli kinnitustes ühendus punktides. [12]

Juhul kui ei ole ühenduste punktides kaablid tugevasti kinnitatud võivad kaabli otsad oma asukohta muuta, ning kuumenedes põletada ümbritsevat materjali, enamik juhtudel plastikut, mis sulab ning võib piisava aja möödudes põlema minna. [12]

1.6 Ilmastiku ohud

Üks tõsisem ilmastikust tekkivaid probleeme päikeseelektrisüsteemidele on külmakerge. Külmakerge tähendab seda, et kui pinnasesse on kogunud piisavalt niiskust, ning külma ilma tekkimisel see jäätub, siis see paisub ning kergitab maapinda ülespoole.

Maapinna kerkimisel võib saada tõsiselt kahjustada või isegi puruneda raamid, mis hoiavad paneele paigas. Kerkimise protsessi jooksul võivad lisaks raamidele saada kahjustust ka paneelid. Paneelidele võivad tekkida erinevad nähtavad praod või mikropraad, mille tulemusena süsteem ei tööta kõige optimaalsemal tasemel. [13]

Külmakerkest võivad tulla ka erinevad probleemid ühendustega. Nagu näiteks ühendus maakaabli ja invertööri vahel. Alati kui on tegemist elektriliste ühendustega siis elektrikud teavad, et alati on parem kui on kaablit veatud natuke rohkem selle asemel, et kui kaablit oleks veatud täpselt. Ning olukordades, kus on täpselt kaabli pikkus välja mõõdetud ning tekkib külmakerge, siis ühendus saab selle tõttu tõsiselt kahjustada. [13]



Joonis 7. Külmakerke mõju päikesepaneelidele [14]

Et selliseid ilmastikust tekkivaid probleeme vältida tuleb paigaldada paneelid pinnasesse, kus sellist protsessi toimuda ei saaks. Pinnased nagu näiteks kruus ja liiv, mis oma osakeste tiheduse tõttu ei lase sellisel protsessidel algata. [15]



Joonis 8. Päikesepaneel kindlal pinnasel

1.6.1 Paneelid valedes kohtades

Üks sagedasti esinevaid probleeme tuleneb sellest, et päikesepaneele paigaldatakse kohtadesse, kuhu neid ei ole kõige optimaalsem paigalda. Puud või hooned tekitavad varje, mis tähendab päikesepaneelid ei tööta oma maksimaalse võimekuse peal või siis paigaldatakse neid kohtadesse, kus võivad tekkida erinevaid probleeme, mis on tingitud paneele ümbritsevatest oludest.

1.7 Liitumiskilbi ülekuumenemine

Liitumiskilp paigaldatakse juhul kui ühesuunalise arvesti asemel paigaldatakse kahesuunaline arvesti. See juhtub siis kui väiketootja sõlmib liitumislepingu. Kahesuunaline arvesti paigaldatakse ühesuunalise arvesti asemel selle tõttu, et ta oleks suuteline töötama võrgust tarbitud elektrienergia hulga ja võrku edastatud elektrienergia hulgaga. [6]

Liitumiskilp see tõttu kuna ta töötab suuremate vooludega paigaldatakse mastidele, sest juhul kui on vaja vool välja võtta võimalike rikete esinemisel ja omaniku pole kodus, oleks seda võimalik teha.

Kuna liitumiskilp paigaldatakse mastile, tekib sellest tõsine probleem kuna mastil olles ta on paljastatud väli tingimuste mõjule, milleks on enamjaolt päikese mõju liitumiskilbile. Lisaks sellele mõjutab ülekuumenemist ka ruumipuudus kilbis. Kui tegemist on väikese kilbiga, mis on kompaktelt seadmeid täis, mis eraldavad soojust ja lisaks sellele paistab kilbile peale ka päike võib rakenduda automaatikakaitselülitid, mis katkestavad elektrivõrgu ühenduse päikeseelektriyaamast. [6]

Et saaks minimaliseerida liitumiskilbi ülekuumenemise riski, tuleks konsulteerida võrguettevõtjaga võimalikest kohtadest, kuhu oleks kõige optimaalsem liitumiskilp paigaldada. Arvesse tuleks võtta uute seadmete lisandumisest liitumiskilpi ning sellest, kuidas see mõjutab kilbi sisest vaba ruumi. Tuleks veenduda, et päikese ligipääs ja mõju kilbile oleks võimalikult väike. [6]

Olukordades, kus liitumiskilp ei ole paigaldatud mastile. Seda tuleb ette vanemates majapidamistes, kus liitumiskilp on paigaldatud esikusse või koridori. Tuleks konsulteerida jällegi võrguettevõtjaga ning kaaluda võimalike alternatiivseid asukohti liitumiskilbile. [6]

1.8 Paneelide paigaldus katusel

Päikesepaneelid võivad katta tähtsaid alasid katustel, mida kasutavad inspektorid, tehnikud, korstnapühkijad, tuletõrjujad täites oma töökohustusi. On tulnud kaebusi nimetatud aladelt, kus päikesepaneelide paigaldus takistab vastava alade tööülesannete tegemist. Tule tekkimisel kui paneelid takkistavad tuletõrjujaid tule kustutamisel võivad tulepuhangud olla suuremad ning teha rohkem kahju. [16]

Üheks strateegiaks, mida tuletõrjujad tihti kasutavad tulekahju korral on augu tegemine katusele, et välja lasta soojust ja suitsu. Augu tegemine annab lisaks sellele ka uue ja turvalisema nurga, kust saaks tuld kustutada. Juhul kui katus on täis paneele, ei ole seda võimalik teha ning katusel on väga ohtlik tuletõrjujal olla. [17]

Lisaks sellele katuse paneelid võivad tulepuhangul tekitada probleeme ka ebakindlatel, vanadel, tulekahju all juba kannatatud katustel sisse varisemise ohtu, eriti siis kui paneelid on paigaldatud väga tihedalt. [17]

Paljudes olukordades tuletoorjujad on kasutanud „hot stick“ seadet, mille abil nad olid suutelised kindlaks tegema, kas pinnasele on turvaline minna. Probleem seisneb aga selles, et see seade „hot stick“ ei suuda tuvastada paneelides olevat alalisvoolu. [18]



Joonis 9. "Hot stick" seade [18]

Päikeseenergia süsteemide kasutuselevõttuga kaasneb lahkülütite kasutamise probleem katustel. Nende põhimõte esineb selles, et lülitada välja vooluring, et juhul kui on vaja katusel midagi teha, siis saab katuselt vooluringi välja lülitada.

Kui algselt võeti kasutusse lahkülüti ei tehtud piisavalt uurimuslike töid selle kohta, kuidas mõjutavad väli tingimused lahkülütit. Lahkülüti on vägagi paljastatud katusel igasugustele elementidele nagu tuul, vesi, lumi, päikese soojus ning kui seadme seisundit ei jälgita, võib ta muutuda ohtlikuks. [19]

Nüüd on hakatud leidma ja rakendama alternatiivseid viise kuidas paigaldada lahkülüteid, mis enamik juhtudel tähendab, parema lahkülütite kasutamist, mis peaks paremini vastu välitingimustele või lisa lüliti paigaldamist, turvalisemasse kohta, mille tulemusena ohu korral saab süsteemi välja lülitada lisaks katusel olevast lülitist ka turvalisemasse kohta paigaldatud lülitist. [17]

Põhjus, miks autor toob selle probleemi välja tuleneb sellest, et buumi ajal kui kõikjal paigaldati päikeseelektrisüsteeme paigaldati need kasutades ainult ühte lülitit, mis ei pidanud vastu väli

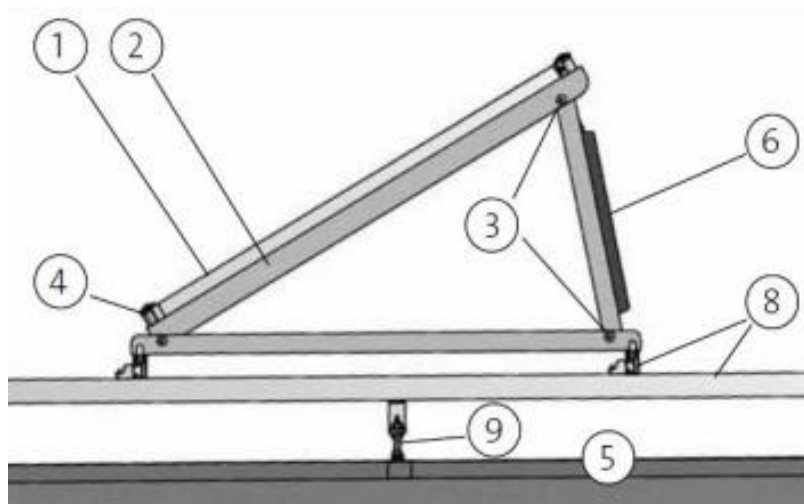
tingimustele. Seega paljudest kohtades on ikka tegemist vana ja võimaliku ohtu tekitava süsteemiga ning need tuleks välja vahetada turvalisema lülitiga või lisada lisa lüliti süsteemile. [19]

Seega tuleb päikesepaneelide paigaldajal alati kontrollida üle enne katusepaneelide paigaldamist katuse korrashoid, vastupidavus ning veenduda, et peale paigaldust oleks piisavalt ruumi, et vajadusel oleks võimalik katusel ka liikuda. Seadme katkestamise lüliti peaks olema kergesti leitav ja kasutatav, et hädaolukorra tekkides oleks võimalik katkestada vooluring. [17]

Päikese elektrisüsteemidel võiksid olemas olla selged juhendid ja joonised, mida erinevad tehnikud, inspektorid, tuletõrjujad saaksid kasutada, et ennast kurssi viia, kuidas teatud olukordades käituda. Vooluringist võiks olla joonis, mis oleks lisatud seadme kilpi, et tekiks selge ülevaade, kuidas on vooluring installeeritud.

1.8.1 Päikeseelektrijaamade paigaldusviisid

Päikesepaneelide valik, mida paigaldada sõltub asukohast ja maja eripärast. Lamekatusele paigaldatakse alumiiniumist siinid, mis kinnitatakse katuse poltidega. Seejärel paigaldatakse pealmised risti olevad siinid. Raamid paigaldatakse vastavalt 5 kuni 45 kraadise nurga all. Lamekatuse puhul peavad päikesepaneelide vahe olema piisav, et päikesepaneelid üksteist ei varjutaks. [20]



Joonis 10. Paneeli kinnitussüsteem lamekatusel

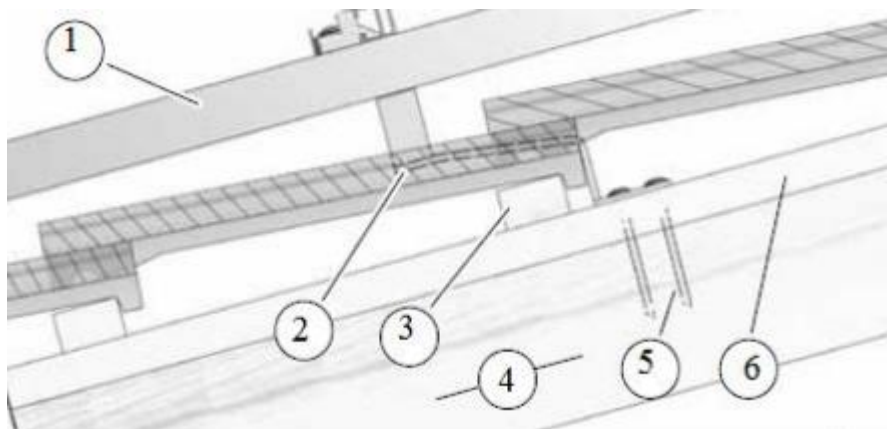
Jooniselt nähtub :

- 1 - päikesepaneel;
- 2 – päikesepaneeli kolmnurk-raam
- 3 - kinnituspoldid;
- 4 - päikesepaneeli kinnitus klamber kolmnurgale;
- 5 - katuse materjal;
- 6 - tuuletõstejõu vastane kaitse;
- 8 - ristisiinid ja kinnitused asetsevad siinid;
- 9 - siini kinnituspolt.

Viilkatusele päikesepaneelide paigaldusel kasutatakse ühe variandina katusekonkse (Joonis 11), mille ots asetatakse katuse sarika külge ja teine ots siinide külge, kuhu peale paigutatakse (joonis 12) päikesepaneelid. [20]



Joonis 11. Katusekonks [20]



Joonis 12. Katusele paigaldatud päikesepaneelide kinnitussüsteem [20]

1.9 Linnupesad ja närilised

Kasvavaks probleemiks, mis tuleb päikesepaneelidega ette on linnupesade tekke paneelide alla. Linnud võivad pesad üles seada nii linnades katusepaneelide alla kui ka maaparkidesse paigaldatud paneelide alla.

Peamisteks põhjusteks, miks linnud seavad oma pesasid paneelide alla tuleneb sellest, et seal on küllaltki tuulevaikne, kuiv ja kui paneele ei hooldata ega puhastata kogunevad nende alla putukad, mis tõmbavad lindude tähelepanu enda peale. Lisaks sellele eraldavad paneelid soojust, mis tõmbab veel omakorda lindude tähelepanu oma pesasid sinna üles seadma. [21]

Linnupesad aja möödudes olles vastu soojust eraldavaid paneele kuivavad piisavalt, et nad võivad põlema minna.



Lisaks sellele, et paneelid tõmbavad lindude tähelepanu endale tõmbavad omakorda linnud näriliste tähelepanu enda peale. Närilised nagu oravad ja rotid söövad linnu mune ning sellega võib kaasneda olukordi, kus närilised võivad närida läbi kaabliühenduste. [21]

Lisaks sellele kui tegemist on tootega, kus kasutatakse väärmaterjali nagu näiteks kaablite isolatsioonil. Siis see eraldab teatud sorti lõhnasid, mis paneb närilisi arvama, et kaablid on toitumiskõlblikud.

Üheks viisiks, kuidas ennetada peamiselt linnades lindude pesitsemist paneelide all, on võimalik paigaldada võrk või raam katuse paneelide äärtesse, et piirata lindude ligipääsu paneelide alla. [22]



Joonis 13. Võre, mis peatab lindude ligipääsu [22]

Teiseks viisiks, mida saaks teha on helitõrje kasutamine, mis peletab linde ja närilisi paneelide juurest eemale. [23]

Ning viimasel ajal on selle probleemi lahendamiseks hakatud ka kasutama keemilisi tõrjevahendeid, mis hirmutavad linde ja närilisi paneelidest eemale. [23]

Inimesed, kes plaanivad omale päikesepaneele paigaldada peaksid võtma arvesse, et nad peavad pidevalt silma peal hoidma linnupesade võimalikust tekkest. Ning juhul kui tekkitab olukord, kus tuvastatakse pesasid, tuleb need elimineerida inimese ja lindude ohutuse eesmärgil. [23]

1.10 Alalisvoolu kaare rikked

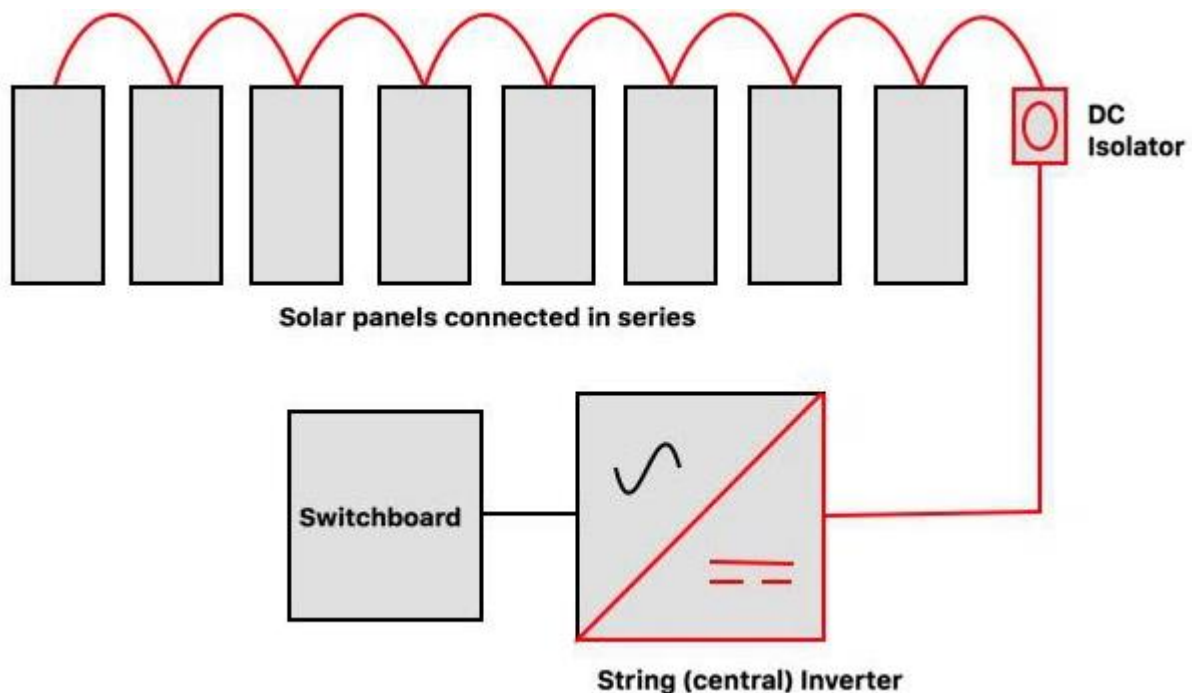
Selles alapeatükis käsitletakse alalisvoolu kaare riket. Millest see rikke tuleneb ning kuidas minimaliseerida rikke teket. Töö autor ei ole isiklikult Eestis kokku puutunud elektrikaare rikkega aga see-eest on autor puutunud kokku olukordadega, kus võib tekkida elektrikaar mingist probleemist.

1.10.1 Mis on alalisvoolu kaare rike?

Kaarviga on elektrienergia vool läbi õhupilu ioniseeritud gaasimolekulide kaudu. Ehkki õhku peetakse tavaliselt mittejuhtuvaks keskkonnaks, võib kahe vahetu läheduses asuva juhi suur potentsiaalide erinevus (pinge) põhjustada õhumolekulide lagunemise nende ioniseeritud komponentideks ehk plasmaks, mis võib seejärel kanda laengut ühelt elektroodilt teisele. [24]

Elektrikaare temperatuur sõltub paljudest teguritest, näiteks voolu tasemest, kuid tüüpilisest PV-süsteemist on see piisavalt kergesti kuum, et sulatada klaas, vask ja alumiinium ning algatada ümbritsevate materjalide põlemine. [24]

Alalisvoolukaare rikked ilmnevad PV-päikesesüsteemide alalisvoolu kaablites.



Joonis 14 Punasega on märgitud võimaliku rikke ilmnemist päikeseelektri süsteemis. [24]

Skemaatiline diagramm- String inverter päikesesüsteem kaitsmata alalisvoolukaabeldusega. Alalisvoolukaare riketega kokkupuutuvad kaablid, liigendid ja elektriseadmed on näidatud joonisel punasega.

Alalisvoolukaare rikked ilmnevad stringi muundurite süsteemides, mille kaitsmata alalisvoolu pingeahelad on vähemalt 80 volti AC. [24]

1.10.2 Kus päikeseelektrisüsteemis võivad tekkida alalisvoolu kaare rikked?

Rikke võib tekkida kõikjal alalisvoolukaablites, mis kulgevad katusel asuvatest päikesemoodulitest kuni nõõrimuundurini, mis paigaldatakse peajaotuskilbi kõrvale. Väikese kodumaise päikesesüsteemi (2kW) alalisvoolu ahelas on enamjaolt 30 ühendust. Kõik need päikesesüsteemi paigaldaja poolt tehtud ühendused on potentsiaalsed rikke kohad. [24]

1.10.3 Alalisvoolukaare tüübid

Seeriakaar on üks alalisvoolukaare tüüpidest. Seeriakaar tekib siis, kui ühendus katkeb, kui PV (päikeseelektrisüsteem) toodab voolu. Kõik alalisvooluahela katkendlikud ühendused võivad tekitada alalisvoolu kaare tõrke. Need ühendused võivad hõlmata joodetud ühendusi moodulis, tihendusjuhtmetega ühendusi, PV-moodulite külge kinnitatud juhtmete ühendusi, alalisvoolu isolaatorite ühendusi, inverteeri ühendusi, inverteeri mis tahes alalisvoolulülitusi või mis tahes alalisvoolu kaableid. [24]

Paralleelsed kaared on teiseks alalisvoolu kaare tüüpidest, mis tekib siis kui isolatsioonisüsteemis on rike ja vool liigub positiivse ja negatiivse vahel. Kaks vastupidise polaarsusega juhti samas alalisvooluahelas juhitakse sageli üksteise vahetus läheduses. Kahe juhtme vaheline isolatsioon võib muutuda ebaefektiivseks loomade närimise, UV-purunemise, rabaduse, pragunemise, niiskuse sissetungi ja mehaanilise kahjustuse tõttu. Paralleelsed kaarerikked võivad jätkuda mööda juhtmeid mööda massiivi põlevaid materjale. [24]

Ning kolmandaks alalisvoolukaare tüübiks on maapinnale kaared. See rike nõuab ühe isolatsioonisüsteemi maandumist. See võib olla näiteks päikesemooduli raam, päikesepaneeli, katus või mis tahes muu maandatud pind. [24]

Sageli võib rike alguse saada ühest tüübist, kuid areneda teist tüüpi rikkeks.

1.10.4 Alalisvoolu kaare rikke tekkepõhjused

Alalisvoolu rikked on Austraalias tuvastatud enam kui 400 kodu- ja ärihoonete tulekahju algpõhjusena.

Alalisvoolu rikked, mis viivad tulekahju algatuseni on:

- Lahtised liigesed halva paigalduse tõttu
- Lahtised liigesed halva kvaliteediga ühenduste tõttu
- Liigse korrosiooni tekke aja jooksul
- Isolatsiooni lagunemine aja jooksul UV-kiirguse toimeel
- Temperatuuri muutused (kuum-külm)
- Isolatsiooni lagunemine vananemise tõttu
- Näriliste, putukate, lindude isolatsiooni kahjustus
- Isolatsiooni kahjustus paigalduse ajal
- Vee ligipääs torudesse, kaablitesse
- Vee ligipääs lülitesse
- Tihendite kulumine
- Vee sissepääs inverterisse
- Vee sissepääs päikesemoodulisse või jaotuskarpi



Joonis 15. Tulepuhang paneelidel [25]

Peamiselt, mis tekitab kaare teket on väärpaigaldus ning seadmete vananemine ja nende mitte hooldamine. Tänapäeval on võimalik paigaldada mõningaid stringi muundureid, mis suudavad identifitseerida alalisvoolu kaare tõrke, kasutades kaare tekitavat alalisvoolukaabli müra. Need muundurid suudavad tuvastada hetkel vaid seeriakaare tüüpi. Kõige mõistlikum ennetus viis oleks pidevalt kontrollida seadmete töötamist ning vahetada välja need teatud aja möödudes.

1.11 Päikesesüsteemi kaitselüliti

Päikesesüsteemi kaitselüliti on lülitusseade, mis kaitseb süsteemi eelkõige lühise eest, lisaks kasutajaid väljalülitamise ja tõrke korral koormus voolu eest. Kaitselüliteid kasutatakse ka erinevat tüüpi koormuste ümberlülitamiseks. [26]



Joonis 16 Kaitselüliti.

Kaitsmete ja pöördajaga kaitselülite standardne voolutugevus varieerub vahemikus 15 kuni 6000 amprit. [26]

Kaitselülid on päikesesüsteemi oluline komponent. Alalisvoolu ja vahelduvvoolu vahel toimib see tõkkena. Paneelide ja vahelduvvoolu vaheline tõke on vajalik paigaldamiseks ja tavapäraseks hoolduseks. Elektrikaitse eeldab kaitselülite kasutamist. [26]

1.11.1 Kuidas arvutada päikeseenergia kaitselüliteid päikeseelektri süsteemis

Inverteri maksimaalne pidev väljundvool korrutatakse ohutusteguriga.

Näiteks $30A \times 1.25 = 37.5A$

Vastus ümardatakse lähima kaitselüliti tavalise suuruseni.

Seega on valem lihtsalt inverteri maksimaalne väljundvool, mis on korrutatud ohutusteguriga 125%, ümardatuna lähima kaitselüliti suuruseni. [26]

2 HOOLDUSJUHE

Autori töö eesmärgiks oli selgeks teha, milliste esinevate probleemidega ettevõtte kokku puutub ning seejärel vähendada esinevate probleemide esile tõusmist koostades nii ettevõttele kui ka kliendile käiduhoidusjuhendi. Hooldusjuhendid on koostatud päikesepaneelide paigaldaja abiga toetudes paigaldaja kogemustele antud valdkonnas.

2.1 Hoolduskäidujuhend kliendile

Hoolduskäidujuhendi eesmärgiks, mis on koostatud kliendile on pakkuda seda tulevikus ettevõtte klientidele, et neid antud teema kohta harida ning vähendada selle abil rikete ja probleemide esinemist. Töös on kliendile koostatud hooldusjuhend toodud välja lisades (Lisa 1).

2.2 Hoolduskäidujuhend ettevõttele

Hoolduskäidu juhendi eesmärgiks, mis on koostatud ettevõtte paigaldajale, on kiirendada hooldustööde tegemist ja kindlustada kliendi päikeseelektri süsteemi seisukorda. Töös on töötajale mõeldud käidujuhend toodud välja lisades (Lisa 2).

2.3 Hooldustööde maksumuse leidmine

Päikeseelektrijaamade hooldustööd on Eestis suhteliselt uus valdkond ning nõuded nende teostamiseks ei ole välja kujunenud, mistõttu jääb see üldjuhul omaniku enda vastutuseks. Hooldustööde hinda võib arvestada aastaseks hoolduskuluks mingi protsendi elektrijaama maksumusest, mis võiks olla näiteks 0,5%. Näiteks kui on tegemist 30kW päikeseelektrijaamaga mille maksumuseks on 45000 €, kujuneb aastaseks hooldekuluks 225 €. Samuti võib hoolduskulu arvestada toodetud aastase MWh järgi, kus üks MWh maksaks 5 €, mis teeb 30 kW päikeseelektrijaama 30 MWh aastase toodangu puhul hoolduskuluks 150 €. [27]

Autori ettevõtte Nevid Grupp OÜ võtab kasutusse meetme, et vähemalt kord aastaks vaataks hooldustööde teostamiseks pädev isik kogu süsteemi üle ning iga installeeritud kW kohta kulaks pool töötundi ehk maksumus oleks siis hinnanguliselt 10 €/kW aastas, mis teeb 30 kW süsteemi maksumuseks 300 €. Selline hooldustööde maksumuse viis on väga populaarne USA-s.

KOKKUVÕTE

Päikeseelektri süsteemid on muutunud üha populaarsemaks, kuna need pakuvad palju eeliseid. Kuid nagu iga tehnoloogia puhul, võivad päikeseelektri süsteemid kaasa tuua teatud riske ja ohte. Seetõttu on oluline, et inimesed oleksid teadlikud päikseelektri süsteemide ohutusest ja võtaksid vajalikud ettevaatusabinõud nende kasutamisel.

Üleüldiselt võib öelda, et päikeseelektri süsteemid on turvalised ja usaldusväärsed ning ei ole ohtlikud inimese tervisele ega keskkonnale. Siiski on päikesepaneelid ja kaablid elektriseeritud kõrge alalisvooluga ning kui neid kasutatakse ebaõigesti või jäetakse hooldamata, võib see olla ohtlik inimesele ja keskkonnale.

Sellepärast on oluline, et päikeseelektri süsteemi omanikud teaksid, kuidas neid hooldada ja milliseid ettevaatusabinõusid tuleks võtta, et vältida ohtusid. Üheks viisiks, kuidas seda tagada on anda inimestele päikeseelektri süsteemi hooldusjuhend, mis aitaks neil süsteemi nõuetekohaselt hooldada ja tagada selle ohutu kasutamine ning pakkuda klientidele hooldusteenust, mille abil ennetatakse rikete esinemist ning rikete esinemisel elimineeritakse need kiiresti.

Päikeseelektri süsteemide kasutamine on suurepärane viis, kuidas säästa raha ja vähendada oma energiatarbimist. Kuid nende kasutamine võib olla ohtlik, kui ei järgita ohutusnõudeid. Seetõttu on oluline, et päikeseelektri süsteemi omanikud oleksid teadlikud nende hooldamise ja kasutamise nõuetest.

SUMMARY

Solar power systems have become increasingly popular as they offer many benefits. However, like any technology, solar power systems can also pose certain risks and dangers. Therefore, it is important for people to be aware of the safety of solar power systems and take necessary precautions when using them.

Overall, solar power systems are safe and reliable and do not pose a danger to human health or the environment. However, solar panels and cables are electrified with high DC voltage, and if used improperly or left unmaintained, it can be dangerous to people and the environment.

That is why it is important for solar power system owners to know how to maintain them and what precautions to take to prevent risks. One way to ensure this is to provide people with a solar power system maintenance guide that helps them properly maintain the system and ensure its safe use. Additionally, providing maintenance services to customers can help prevent faults from occurring and quickly eliminate them when they do.

Using solar power systems is a great way to save money and reduce energy consumption. But their use can be dangerous if safety requirements are not followed. Therefore, it is important for solar power system owners to be aware of their maintenance and usage requirements.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] S. Williams, "Clean Solar Solutions," 11 Detsember 2017. [Online]. Available: <https://cleansolar.solutions/winter-snow-ice-dams-can-damage-your-solar-panels-roof/>. [Accessed 6 Märts 2023].
- [2] "wordpress," [Online]. Available: <https://stopthesethings.files.wordpress.com/2020/04/solar-panels-snow1.jpg>. [Accessed 12 Märts 2023].
- [3] R. Ivins, "Pure Power Engineering," 23 Jaanuar 2023. [Online]. Available: <https://www.purepower.com/blog/solar-photovoltaic-pv-connector-mismatch>. [Accessed 17 April 2023].
- [4] "wikipeddia," 21 april 2023. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/MC4_connector. [Accessed 24 april 2023].
- [5] "Lithium," 24 veebruar 2022. [Online]. Available: <https://www.t1lithium.com.au/cabling/solar-cabling.html>. [Accessed 17 märts 2023].
- [6] S. Loost, "dspace.tktk.ee," 2022. [Online]. Available: <https://dspace.tktk.ee/server/api/core/bitstreams/dd2a71b3-d6b2-448d-9a10-676b220b2a54/content?authentication-token=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJlaWQiOiI5N2I0ZDhiZi02MTkwLTQ1N2YtOGY0YS03NDFlY2Y4M2FiNGQiLCJzZyI6W10sImF1dGhbnRpY2F0aW9uTWV0aG9kIjoibGRhcCIImV4cC.> [Accessed 27 Veebruar 2023].
- [7] "hqts," 21 Juuli 2022. [Online]. Available: <https://www.hqts.com/solar-panel-inspections-in-quality-control/>.
- [8] "eco green," [Online]. Available: <https://www.eco-greenenergy.com/snail-trail-effect-how-to-prevent-your-pv-module-from-damage/>. [Accessed 15 märts 2023].

- [9] "Quality Control and Testing for Solar Inverters," [Online]. Available: <https://www.cea3.com/quality-control-testing-solar-inverters-power-conversion-systems-pcs>. [Accessed 14 Märts 2023].
- [10] "deegesolar," 2020. [Online]. Available: https://www.deegesolar.co.uk/solar_inverters/. [Accessed 5 märts 2023].
- [11] "Troubleshooting solar panel inverter problems and solutions," 29 märts 2022. [Online]. Available: <https://www.beny.com/troubleshooting-solar-panel-inverter-problems-and-solutions/>. [Accessed 24 veebruar 2023].
- [12] GSES, "GSES," 26 Mai 2022. [Online]. Available: <https://www.gses.com.au/what-causes-solar-pv-fires-and-how-to-prevent-them/>. [Accessed 21 Veebruar 2023].
- [13] H. Patel, "Solar Power World," 5 märts 2018. [Online]. Available: <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/03/avoiding-costly-consequences-frost-heave-solar-ground-mounts/>. [Accessed 3 märts 2023].
- [14] "researchgate," [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Example-of-Solar-Panel-Distortion_fig2_305850379. [Accessed 3 märts 2023].
- [15] "pavement ineractive," [Online]. Available: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/frost-action/>. [Accessed 8 märts 2023].
- [16] "cleanenergyreviews," 11 oktoober 2021. [Online]. Available: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/guide-solar-panel-problems-fault-finding>. [Accessed 16 märts 2023].
- [17] "FIREFIGHTING & SOLAR PANELS," 13 juuni 2022. [Online]. Available: <https://www.beny.com/firefighting-solar-panels-all-you-need-to-know/>. [Accessed 18 märts 2023].
- [18] D. Wagman, "GlobalSpec," 22 August 2017. [Online]. Available:

- <https://insights.globalspec.com/article/6285/hot-stick-detects-dc-voltage-in-solar-arrays-and-evs>. [Accessed 22 Märts 2023].
- [19] "Firefighting and solar pannels," 13 juuni 2022. [Online]. Available: <https://www.beny.com/firefighting-solar-panels-all-you-need-to-know/>. [Accessed 3 märts 2023].
- [20] K. Soosaar, "digiriul," 2015. [Online]. Available: https://digiriul.sisekaitse.ee/bitstream/handle/123456789/537/2015_SOOSAAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Accessed 25 April 2023].
- [21] "Forensic pest control," [Online]. Available: <https://forensicpestcontrol.com.au/pest-info/why-dont-want-birds-nesting-under-solar-panels/>. [Accessed 8 aprill 2023].
- [22] "Pestuk," [Online]. Available: <https://www.pestuk.com/additional-products-services/solar-panel-protection-from-pigeons-birds/>. [Accessed 25 Märts 2023].
- [23] "Aussie Gutter Protection," 14 detsember 2020. [Online]. Available: <https://protectionaussie.online/9-ways-to-stop-birds-nesting-underneath-solar-panels/>. [Accessed 9 april 2023].
- [24] "zjbeny-german," 13 oktoober 2020. [Online]. Available: <http://ee.zjbeny-german.com/news/solar-fires-dc-arc-faults-39988243.html>. [Accessed 2023 märts 25].
- [25] 21 august 2019. [Online]. Available: <https://arstechnica.com/tech-policy/2019/08/after-seven-roof-fires-walmart-sues-tesla-over-solar-panel-flaws/>. [Accessed 26 april 2023].
- [26] "PÄIKESESÜSTEEMI KAITSELÜLITITE TÜÜBID JA RAKENDUSED," 5 Juuli 2022. [Online]. Available: <https://www.beny.com/et/solar-system-circuit-breaker-types-and-applications/>. [Accessed 29 Märts 2023].
- [27] M. Mahlapuu, "tera.ee," 2014. [Online]. Available: <https://www.tera.ee/hooldus/>. [Accessed 24 märts 2023].

LISAD

Lisa 1. Hoolduskäidujuhend kliendile

Lisa 2. Hoolduskäidujuhend ettevõttele

Lisa 1. Hoolduskäidujuhend kliendile

Lume tekke:

- Eemaldage lund katuselt regulaarselt, et vältida paneelide võimaliku sisse vajumise ohtu. Võite kasutada selleks spetsiaalset lumekoristusvahendit või palgata professionaalse lumekoristusfirma.
- Veenduge, et paneelid oleksid korralikult paigaldatud ja kinnitatud, et vältida nende liikumist või kõikumist. Juhul kui paneeli on vaja kinnitada veenduge enne ohutuses kui plaanite ise seda teha või kutsuge spetsialist vajalike parandustööde teostamiseks.
- Kaaluge katusel asuvate paneelide asendamist jõulisemate paneelidega, mis on spetsiaalselt loodud talvetingimustega toimetulemiseks.
- Kui märkate, et paneelid on sisse vajunud, siis lülitage süsteem koheselt välja ja võtke ühendust päikesepaneelide paigaldajaga. Vältige lume eemaldamist paneelidelt ise.

MC4 pistikühendused:

- Kontrollige regulaarselt pistikute ja kaablite ühendust. Kui märkate, et ühendus on lahti, kinnitage see.
- Veenduge, et MC4 pistikud oleksid korralikult paigaldatud ja suletud. Kui pistik on vigane, tuleb see välja vahetada. Võtke ühendust päikesepaneelide paigaldajaga.
- Vältige pistikute painutamist või ülemäärast tõmbamist, selle tegemine võib põhjustada kaablite kahjustust.
- Veenduge pistikute päikese, niiskuse ja tolmu ligipääsuvust kasutades vajadusel pistikute katteid ja paigaldades need kohtadesse, kus neid ei ohusta ilmastikutingimused.
- Kui märkate, et süsteemi tootlikkus on langenud, võib see tuleneda pistikute rikkest. Kontrollige neid ja vahetage välja, kui see on vajalik või võtke ühendust päikesepaneelide paigaldajaga.

Praaktoodangu tuvastamine:

- Enne paneelide paigaldamist peaksite tutvuma tootmisandmetega. Need andmed aitavad teil kindlaks teha, kas paneelid toimivad vastavalt tootja poolt määratud parameetritele.

- Kontrollige, kas paneelid annavad väljundpinget vastavalt nende tehnilistele andmetele. Väljundpinge võib näidata, kas paneelid toodavad piisavas koguses energiat.
- Voolutugevus on oluline tegur, mis võib näidata paneelide tervislikku seisukorda. Kui paneelid ei anna piisavalt voolu, võib see olla märk vigasest tootest.
- Kontrollige kaablivigu: Vahel võib probleem olla ka paneelide ja inverteri vahelistes kaablites. Kontrollige kaablid hoolikalt üle, et näha, kas seal on kahjustusi või ühendusvigu.
- Võtke ühendust päikesepaneelide paigaldajaga kui te ei tunne end kindlalt paneelide kontrollimisel. Juhul kui probleemid on tõsisemad, peaksite pöörduma päikesepaneelide spetsialisti poole, kes saab teha põhjalikuma diagnostika.

Päikesepaneelide paigaldus:

- Veenduge, et paigaldus pind oleks piisavalt tugev ja vastupidav, et kanda päikesepaneele. Veenduge, et kinnitusvahendid oleksid korralikult kinnitatud ja paneelid kindlalt paigaldatud.
- Vältige päikesepaneelide paigaldamist varjulistesse kohtadesse, sest see võib mõjutada paneelide tootlikkust.
- Kontrollige, kas paigaldatud paneelid on suunatud õiges suunas ja nurgas päikese suhtes.
- Veenduge, et kaabeldused oleksid korralikult paigaldatud ja isoleeritud, et vältida nende kahjustumist ja lühise tekkimist.
- Kui paigaldate päikesepaneelide süsteemi kodule, siis veenduge, et süsteemi võimsus ja suurus oleksid sobivad vastavalt teie kodu vajadustele.

Inverter:

- Veenduge enne inverteeri paigaldamist, et inverter oleks paigaldatud jahedasse ja hästi ventileeritud ruumi.
- Puhastage inverteri ventilatsiooniavasid regulaarselt tolmust ja mustusest, et tagada hea õhuringlus.
- Jälgige päikesepaneelide tootlikkust ja veenduge, et nad ei toodaks liiga palju energiat inverterile, mis võib põhjustada ülekuumenemist.
- Kui märkate, et inverter on kuum, lülitage süsteem koheselt välja ja võtke ühendust päikesepaneelide paigaldajaga, et hinnata olukorda.

Külmakerke tekke:

- Paigaldage päikesepaneelid vastavalt tootja juhistele ja kasutage kinnitusvahendeid, mis on spetsiaalselt loodud talvetingimuste jaoks. Kinnitusvahendid peaksid lubama paneelidel liikuda, kuid samas hoidma neid kindlalt kohal.
- Hoidke päikesepaneeli regulaarselt kontrolli all ja eemaldage kõik lumekihtidest tingitud raskused, mis võivad põhjustada kinnitusvahendite koormuse suurenemist.
- Kui märkate, et päikesepaneelid on nihkunud või kinnitusvahendid on lahti, lülitage süsteem välja ja kutsuge paigaldaja.
- Vältige paneelide paigaldamist katusel, mis on pidevalt tuulele avatud või kalduva asendiga, kuna need asukohad on rohkem vastuvõtlikud tugevatele tuulepuhangutele ja temperatuurikõikumistele.
- Veenduge, et kinnitusvahendid on õigesti paigaldatud ja et need on kindlalt kinnitatud, et vältida liikumist ja painutamist, mis võib põhjustada päikesepaneelide purunemist või kahjustumist.

Liitumiskilp:

- Hoidke liitumiskilp puhtana ja tolmuwabana, et vältida ülekuumenemist.
- Veenduge, et liitumiskilbi kaablid oleksid korralikult ühendatud ja kinnitatud, et vältida ülekuumenemist.
- Kontrollige regulaarselt liitumiskilbi temperatuuri, et tagada selle normaalne töötemperatuur ja vältida ülekuumenemist.
- Hoidke liitumiskilp ventileeritavas asukohas, et vältida ülekuumenemist.
- Jälgige liitumiskilbi märke, mis võivad viidata ülekuumenemisele, nagu suitsu- või põlemislõhna ning kuumuse tundmist. Kui märkate midagi kahtlast, lülitage päikesepaneelide süsteem koheselt välja ja kutsuge spetsialist kontrollima liitumiskilpi.

Närilisted ja linnud:

- Kontrollige regulaarselt paneelide all olevat ala, et veenduda, et sinna ei oleks tekkinud linnupesi ega näriliste tekitatud kahjustusi.

- Võite kasutada spetsiaalseid tõrjevahendeid, mis hoiavad linnud ja närilised paneelide lähedalt eemal.
- Kui märkate, et lind või näriline on pesa paneelide alla ehitanud, siis võtke ühendust spetsialistiga, kes saab selle ohutult eemaldada ja vajalikud parandused teostada.
- Kui paneelide all on pidev näriliste tegevus, võib olla vajalik paigaldada spetsiaalsed näriliste tõrjevahendid, mis hoiavad närilised eemal.

Alalisvoolu kaare rikked:

- Kontrollige perioodiliselt kaablid ja juhtmed, et veenduda nende korrasolekus. Kui märkate katkist või kahjustatud kaablit, võtke ühendust paigaldajaga, et see välja vahetada.
- Veenduge, et kõik kaitsmed ja lülitid oleksid töökorras ja õigesti paigaldatud. Juhul kui märkate lülitite või kaitsmete kahjustusi, ärge proovige neid ise parandada, vaid võtke ühendust paigaldajaga.
- Ärge kasutage seadmeid, millel on kahjustatud kaabel või juhe.
- Enne mis tahes töö tegemist süsteemiga lülitage alati toide välja, et vältida võimalike vigastuste tekket.

Päikesesüsteemi kaitselüliti:

- Veenduge, et päikesesüsteemi kaitselüliti oleks õigesti paigaldatud ja ühendatud. Kontrollige ühenduste tihedust ja veenduge, et kõik kaablid oleksid korralikult kinnitatud.
- Jälgige regulaarselt kaitselüliti olekut ja kontrollige, kas sellel on viga või kahjustus. Kui leiate, et kaitselüliti on kahjustunud, asendage see koheselt.
- Hoidke kaitselüliti puhtana. Tolm, mustus ja niiskus võivad seadme tööd mõjutada. Paigaldage kaitselüliti kohale katteplaat, et kaitsta seda tolmu ja niiskuse eest.
- Kui kaitselüliti tuleb hooldada või parandada, siis kutsuge selleks spetsialist. Ärge proovige seda ise remontida või parandada.

Lisa 2. Hoolduskäidujuhend ettevõtte töötajale

Enne tööülesannete täitmist veendu ohutuses. Kasuta isikukaitsevahendeid (töökindad, turvajalatsid, kaitseprillid). Jälgi tööülesannete täitmisel elektriohutuse juhiseid, et vältida kahju või vigastusi. Jälgi töökeskkonna ohutust ja vajadusel tee korrigeerivad meetmed.

Tööülesanne:	Tähelepanekud, märkused:	Tulemus:	Sagedus:
Päikeseelektrijaama visuaalne kontroll. (päikeseelektrijaama üldise seisukorra hindamine, päikesepaneelid, inverter, kaablite, ühenduste, akude, kontrollerite, muude seadmete seisukorra ülevaatus)			Kord kvartalis.
Puhastustööd. (veendu seadmete puhtuses)			Kord aastas.
Hooldus ja remonditööde teostus.(kontrolli seadmete toimivust ja vajadusel tee korrigeerivad meetmed, vaheta välja vigased või kulunud seadmed)			Kord aastas.
Testimine. (kontrolli päikeseelektrijaama andmeid, kontrolli töökoormust ja veendu, et see vastaks oodatud tulemustele)			Kord kvartalis.

Jahutus. (veendu seadmete jahutuses, veendu jahutussüsteemi tõhususes)			Kord kvartalis.
Lõpetamine. (Veendu, et tööriistad ja seadmed oleksid asetatud tagasi oma kohale, veendu puhtuses)			Pärast igat remondi- ja hooldustööd.
Lisa märkused:			