

Aurinkopaneeleiden liittäminen energianhallintajärjestelmään

Opinnäytetyö

Sami Salmela

Toukokuu 2014

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Konetekniikka





Tekijät Salmela, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.5.2014
	Sivumäärä 52	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Aurinkopaneelien liittäminen energianhallintajärjestelmään		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaajat Häkkinen, Veli-Matti Hukari, Sirpa JAMK		
Toimeksiantaja Proxion Solutions Oy Tolvanen, Liisa		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Varkaudessa sijaitseva Proxion Solutions Oy. Yrityksen pääasiallinen tuote on energianhallintajärjestelmä, jolla taataan telekommunikaatiolaitteiden sähkösaanti maissa joissa sähköverkon sähkönlaatu on heikkoa ja katkonaista. Työn tarkoituksena on korvata nykyisen energianhallintajärjestelmän lataukseen vaadittu sähköverkon kolmivaihevirtaliitäntä täysin aurinkosähköllä käytettäväksi toteutukseksi.</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee aurinkopaneelien liittämistä yrityksen tuottamaan energianhallintajärjestelmään sekä sen vaatimia komponentteja ja niiden perusteltuja valintoja.</p> <p>Työssä käsitellään aiheeseen liittyviä standardeja ja käytäntöjä, joiden avulla saatuja tuloksia perustellaan. Työssä käydään myös läpi valittujen komponenttien toimintaperiaatteita.</p> <p>Opinnäytetyö keskittyy pääosin komponenttivalintaan, maadoittamiseen, johdinmitoitukseen ja asennuskokonaisuuden standardien mukaiseen toteuttamiseen.</p> <p>Työssä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Proxion Solutionsin tuotekehityksessä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Aurinkopaneeli, energianhallintajärjestelmä, standardi, komponenttivalinta, mitoitus		
Muut tiedot		



Authors Salmela, Sami	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 27.5.2014
	Pages 52	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title Connecting solar panels to an intelligent back-up power solution		
Degree Programme Automation technology		
Tutors Häkkinen, Veli-Matti Hukari, Sirpa JAMK		
Assigned by Proxion Solutions Oy Tolvanen, Liisa		
Abstract <p>This bachelor's thesis was assigned by Proxion Solutions Oy, located in Varkaus, Finland. The company's main product is an intelligent back-up power solution, which assures electricity to telecommunication devices in countries with low and discontinuous grid quality. The purpose of this thesis was to replace present three-phase current connection of the grid with photovoltaic solution for charging an intelligent back-up power solution.</p> <p>The thesis discusses how to connect solar panels to a back-up power solution and what electrical components it requires. Each component selection and result is validated by standards and regulations.</p> <p>Issue related standards and regulations used in validating results were thoroughly studied for the thesis. The operational principle of the selected components is also discussed.</p> <p>The thesis focuses mainly on component selection, grounding, conductor sizing and executing over-all installation according to standards.</p> <p>The results of this thesis can be used in Proxion Solution's research and development work.</p>		
Keywords Solar panel, back-up power solution, standard, component selection, sizing		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

KÄSITTEET	3
1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT	4
1.1 Opinnäytetyön tarkoitus.....	4
1.2 Proxion Solutions Oy	4
2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA AIHEEN RAJAUS.....	5
2.1 Tavoite	5
2.2 Aiheen rajaus.....	8
3 TIETOPERUSTA.....	8
3.1 BluES CP-energianhallintajärjestelmän nykytilanne	8
3.2 Työn lähtökohdat	11
4 TYÖN TOTEUTTAMINEN	12
4.1 Järjestelmän ja aurinkopaneelien välinen kaapelointi.....	12
4.2 Aurinkopaneeliasennuksen maadoittaminen	19
4.2.1 Potentiaalintasaus	19
4.2.2 BluES CP-järjestelmän maadoitus	21
4.2.3 Ylijännitesuojan maadoitus	22
4.3 Kytkentä- ja liitäntäpaneelin komponentit	23
4.3.1 Kontaktorin vaatimukset ja valinta	23
4.3.2 Vikavirtasuojakytkimen tarpeellisuus ja vaatimukset.....	27
4.3.3 Johdonsuojakatkaisija	33
4.3.4 Käyttökytkin	35
4.3.5 Ylijännitesuoja	38
5. POHDINTA JA TULOKSET	40
LÄHTEET.....	42
LIITTEET	44
Liite 1. BluES CP-18 tekniset tiedot	44
Liite 2. Tasasuuntaajan tekniset tiedot	45

Liite 3. Alustava paneeliratkaisu.....	47
Liite 4. Panasonic aurinkopaneelin tekniset tiedot.....	48
Liite 5. Liitäntäpaneelin erotinlaitteiden kytkennät.....	49
Liite 6. LC1D40ED-kontaktorin tekniset tiedot.....	50
Liite 7. RCMA423-vikavirtasuojan tekniset tiedot.....	51
Liite 8. Suojajohtimien minimipoikkipinnat	52

KUVIOT

Kuvio 1. BluES CP-energianhallintajärjestelmä ja sen osat.	7
Kuvio 2. Tehopisteen havainnollistaminen tietyllä valaistusteholla.....	12
Kuvio 3. Johtimien pienin sallittu poikkipinta (SFS 6000-5-52 Taulukko 52.2)	15
Kuvio 4. Johdineristeiden lämpötilan raja-arvot (SFS 6000-5-52 Taulukko 52.1).....	17
Kuvio 5. Nexans Energyflex-johdin PV-asennuksiin.	18
Kuvio 6. HIT Power 240S aurinkopaneelin maadoituspisteet.....	20
Kuvio 7. Schneider Electric LC1DT40ED kontaktori.....	25
Kuvio 8. Kontaktorien nimellisvirrat DC-1 käyttöluokassa.....	26
Kuvio 9. Kuorman kytkeminen kontaktoriin	27
Kuvio 10. Bender RCMA423	29
Kuvio 11. Bender RCMA423 liitännät ja esimerkkikytkentä	31
Kuvio 12. Virtamuuntajan kytkentä	32
Kuvio 13. S 284 UC-Z 10 johdonsuojakatkaisija	34
Kuvio 14. Johdonsuojakatkaisijan koskettimien kytkeminen	35
Kuvio 15. C60NA-DC käyttökytkin	36
Kuvio 16. C60NA-DC käyttökytkimen kytkentä.....	37
Kuvio 17. C60NA-DC käyttökytkimen koskettimet.....	37
Kuvio 18. IPRD-DC 40r 600PV ylijännitesuoja	39

KÄSITTEET

Energianhallintajärjestelmä

Proxion Solutions Oy:n tuottama varavoimajärjestelmä, johon opinnäytetyö perustuu. Myöhempanä järjestelmä.

EMU

Energy Management Unit. Järjestelmän ohjaukseen ja hallintaan käytettävä ohjainyksikkö.

PV

Photovoltaic. Aurinkosähköjärjestelmä

MPPT-säädin

Maximum Power Point Tracking. Tehopisteen säädin.

I/O

Input/Output. Tulo ja lähtö.

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyöni tarkoitus on selvittää aurinkopaneelien hyödyntämistä älykkäissä energianhallintajärjestelmissä, sekä osallistua sen tekniseen toteutukseen. Tavoitteena on, että opinnäytetyön avulla saatua tietoa voidaan jatkossa hyödyntää Proxion Solutionsin tuottamissa energianhallintajärjestelmissä. Opinnäytetyöni tehtävänä on kerätä tietoa eri komponenttien valmistajista sekä heidän tuotteidensa sopivuudesta haluttuun käyttötarkoitukseen ja luoda näiden pohjalta toimiva kokonaisuus, jota voidaan hyödyntää valmiissa tuotteessa.

Opinnäytetyöksi halusin aiheen, joka kiinnostaa minua ja joka liittyy oleellisesti insinöörin työhön, sekä siitä olisi käytännön hyötyä yritykselle. Opinnäytetyöni aiheehdotus tuli Proxion Solutionsilta. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja liittyy samaan energianhallintajärjestelmään, jonka kanssa työskentelin insinööriopintojen työharjoittelujakson aikana tuotekehitystehtävissä. Työ on ajankohtainen, sillä ympäristöarvot ja niiden merkitys ovat nousemassa nykyään yhä suurempaan rooliin niin energiantuotannossa kuin muillakin teollisuuden aloilla. On siten kiinnostavaa työstää opinnäytetyötä kyseisestä aiheesta.

1.2 Proxion Solutions Oy

Proxion Solutions tuottaa älykkäitä energianhallintajärjestelmiä telekommunikaation ja teollisuuden tarpeisiin. Yrityksen palvelutarjontaan kuuluu järjestelmien ohjelmisto- ja laitteistosuunnittelu sekä valmistus. Nykyisessä muodossaan Proxion Solutions on perustettu vuonna 2012 ja sen toimipiste sijaitsee Varkaudessa. Yrityksen henki-

löstö koostuu toimitusjohtajasta, kansainvälisen kaupan myyntijohtajasta, ostotoiminnon vastuhenkilöstä, tuotekehityksestä vastaavista kolmesta henkilöstä, sekä markkinointiin kuuluvista kahdesta henkilöstä. Lisäksi yritys käyttää merkittävästi alihankinta- ja konsultointipalveluja. Proxion Solutions Oy:n omistajina ovat yrityksen avainhenkilöt, yksityiset piensijoittajat, Finnvera ja osakkuusomistaja Proxion Oy (Salmela 2014).

2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA AIHEEN RAJAUS

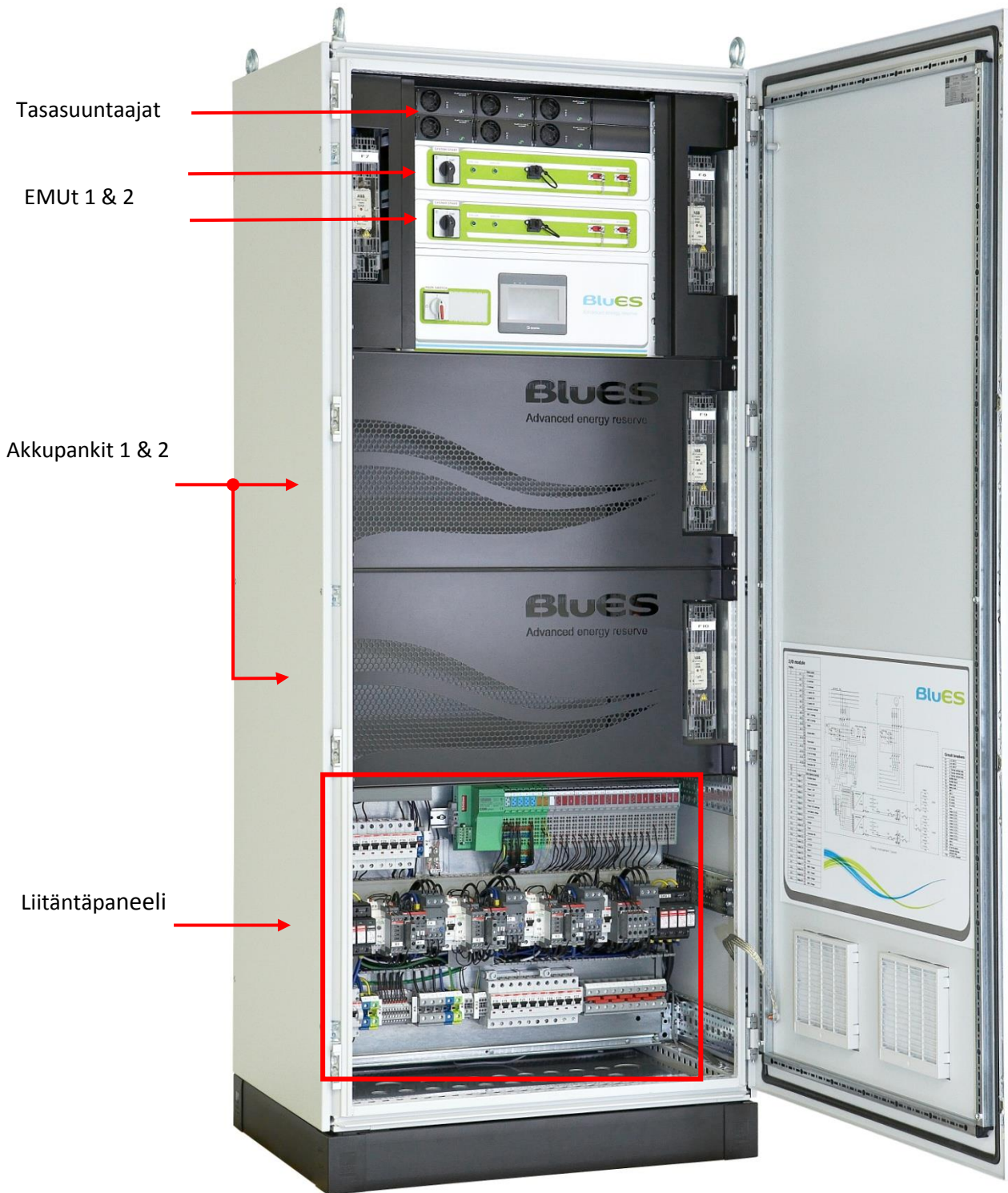
2.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on ratkaista kuinka aurinkopaneeliryhmät kytkettäisiin Proxion Solutionsin BluES CP järjestelmään (ks. kuvio 1) sekä selvittää kytkennän vaatimat komponentit ja standardin mukaisesti huomioida sähköturvallinen toteutus. Nykyinen BluES CP järjestelmä tarvitsee akuston lataamiseen 1- tai 3-vaiheisen (AC) vaihtovirta syöttöjännitteen sähköverkosta tai generaattorista. Sähköverkkoliityntä olisi tarkoitus korvata aurinkopaneeleista saatavalla tasavirralla (DC) ja siihen vaadittavilta komponenteilta. Aurinkopaneeleilla varustettu malli tulee lisäyksenä nykyiseen BluES CP tuoteperheeseen.

Aurinkopaneelien kytkentöjen määrittämisessä on huomioitava BluES CP:ssä käytetyt tasasuuntaajat ja niiden asettamat jänniterajat, jotka määrittävät kuinka monta aurinkopaneelia kytketään sarjaan, jotta saadaan haluttu jännite aurinkopaneelikejuista. Suunnittelussa pyritään huomioimaan kustannustehokkuus järjestelmän tuotannossa, mahdollisimman pienet muutokset nykyiseen järjestelmään sekä kokonaisuuden mahdollisimman hyvä toiminnallinen hyötysuhde.

Komponenttien valinta, sijoittelu ja järjestelmän muutokset liittyvät suurimmaksi osaksi liitännäpaneeliin, joka on rajattu kuviossa 1 punaisella neliöllä.

Opinnäytetyössä mitoitetaan asennukseen tarvittavat jännitteiset kaapelit sekä maadoituksessa käytettävät johtimet. Myös asennuskokonaisuuden maadoituksen oikeanlainen toteutus on käsiteltävänä työssä. Sähköturvallisuuteen liittyen käsitellään henkilöiden suojausta sähköiskuilta tarvittavin toimenpitein ja komponentein.



Kuvio 1. Blues CP-energianhallintajärjestelmä ja sen osat.

2.2 Aiheen rajaus

Opinnäytetyössä ei perehdytä aurinkopaneelien toimintaperiaatteeseen eikä rakenteeseen syvällisesti. Työssä voidaan selvittää joitakin aurinkopaneelin toimintoja tai osia ja niiden periaatteita, jos se nähdään työn ja käsiteltävän aiheen kannalta välttämättömäksi. Myöskään komponenttivalinnoissa ei tehdä välttämättä järjestelmäkokonaisuuteen lopullista valintaa vaan annetaan Proxion Solutionsille ehdotuksia mahdollisista järjestelmään ja asennuskohteeseen sopivista komponenteista. Yrityksen päätökseksi jää kilpailuttaa komponenttivalinnat komponenttivalmistajien ja toimittajien kesken, jos ne koetaan taloudellisesti ja teknisesti hyväksi ratkaisuksi järjestelmäkokonaisuuteen.

Opinnäytetyössä pitäydytään pääasiassa komponenteissa, niiden valitsemisessa sekä suunnittelussa, sähköturvallisuudessa sekä näiden aiheiden perusteluissa.

3 TIETOPERUSTA

3.1 BluES CP-energianhallintajärjestelmän nykytilanne

Nykyinen BluES CP varavoimajärjestelmien tuoteperhe käsittää kuusi seuraavaa mallia:

- BluES CP-5 (90 Ah)
- BluES CP-9 (180 Ah)
- BluES CP-14 (270 Ah)
- BluES CP-18 (360 Ah)
- BluES CP-28 (540 Ah)

- BluES CP-37 (720 Ah)

Järjestelmän suunnittelussa on huomioitu laajennettavuus pienemmästä suurempaan malliin mahdollisimman pienin muutoksin. Käytännössä tämä tarkoittaa vain pää- ja akkusulakkeiden sekä tasasuuntaajien sulakkeiden vaihtamista pienempään tai suurempaan, riippuen mallista, sekä akkujen kapasiteetin muuttumista.

Tällä hetkellä myydyin järjestelmä on CP-18 ja niiden pääasialliset markkinointikohteet ovat Nepal ja Pakistan, sekä muut kehittyvät alueet. Koska Nepalissa sähköenergian kulutus on huomattavasti suurempi kuin tuotantokapasiteetti, joudutaan pääkaupungissa Kathmandussa rajoittamaan sähkön kulutusta yksittäisen kohteen näkökulmasta (=Loadshedding Schedule). Vuoden pahimpaan aikaan keväällä, sähköä on saatavilla Nepalin pääkaupungissa Kathmandussa vain 8- 10 tuntia vuorokaudessa jaksoittain, ja sähkökatkojen aikana BluES CP-järjestelmä huolehtii tukiaseman sähkönsyötöstä. Lisäksi sähköverkko on hyvin epävakaa, joten BluES CP-järjestelmän vaihtosähköpuolen suojaukseen on kiinnitetty erityistä huomiota (Salmela 2014).

BluES CP järjestelmän pääasiallisena käyttötarkoituksena on teleoperaattoreiden tukiasemien sähkönsaannin turvaaminen maissa joissa sähköverkon sähkön laatu on heikkoa ja katkonaista. Telekommunikaatiolaitteiden järjestelmävaatimukset näkyvät BluES CP:ssä muun muassa lähtöjännitteen tasona (ks. liite 1) ja maadoituksessa joka on toteutettu positiiviseen potentiaaliin (=plus-maadoitettu).

Järjestelmä tuotteena perustuu älykkääseen energianhallintajärjestelmään, joka optimoi energian käyttöä saatavilla olevien energialähteiden mukaan. Energian varastointi perustuu uuden akkuteknologian (Lithium-rautafosfaatti, LiFePO_4) akkumoduuleihin, sekä sen ohjaus- ja latauspiiriin. Akut ovat perinteisiä lyijyakkuja kevyempiä, ympäristöystävällisempiä ja nopeampia ladata, sillä ne kestävät suuria lataus- ja purkuvirtoja. Merkittävänä etuna on myös lyijyakkuihin verrattuna korkeampi energiatiheys (Lithium-rautafosfaatti akuilla 146 Wh/kg ja lyijyakuilla noin 30 Wh/kg) ja laa-

jempi käyttölämpötila-alue. Myös akuista saatava jännite on tasaisempaa eikä tapahdu samanlaista jännitteenalenemää, kuten perinteisissä lyijyakuissa varauksen lähetessä loppuaan. Huomattava tekninen etu on akkujen latauksessa, jossa akustot voidaan ladata täyteen jopa tunnissa. Samanaikaisesti järjestelmä kykenee huolehtimaan sähkönsyötöstä myös kuormaan (Salmela 2014).

BluES CP:n kilpailuetuina on teknisesti laadukas ja monipuolinen tuote. Järjestelmä toimii 3-vaihe verkossa vaikka vain yksi vaihe olisi käytettävissä sekä sietää hyvin verkon ali- ja ylijännitteitä. Etuina on myös järjestelmän laadukas akusto, joka on nopea ladata verrattuna kilpailijoihin. Järjestelmään on mahdollista kytkeä kuormia, jotka vaativat suuria sähkövirtoja. Kahden akkuryhmän käyttäminen lisää järjestelmän redundanttisuutta ja samalla akuston elinikää pidennetään vuorottelemalla kuorman syöttö kahden eri akkupankin välillä EMU-ohjausyksiköiden avulla. Akuille luvataan tietty elinikä sykleinä eli lataus- ja purkukertojen määränä. Täten järjestelmän syklien määrää saadaan kasvatettua (Salmela 2014).

Nopean latauksen ansiosta voidaan myös jättää käytöstä perinteiset polttoaineilla toimivat generaattorit, jotka syöttäisivät tukiasemaa huonolla hyötysuhteella ja aiheuttaisivat epämiellyttävää melua.

Yrityksen tekemien toiminnallisten testien aikana järjestelmän hyötysuhteeksi saatiin varsin korkea 98 % järjestelmän ollessa akkukäytöllä ja samanaikaisesti syöttäen 1500 W kuormaa sekä 93 % järjestelmän ollessa kytkettynä kolmivaihe verkkoon kuorman pysyessä samana. (Proxion Solutions 2014; Salmela 2014).

3.2 Työn lähtökohdat

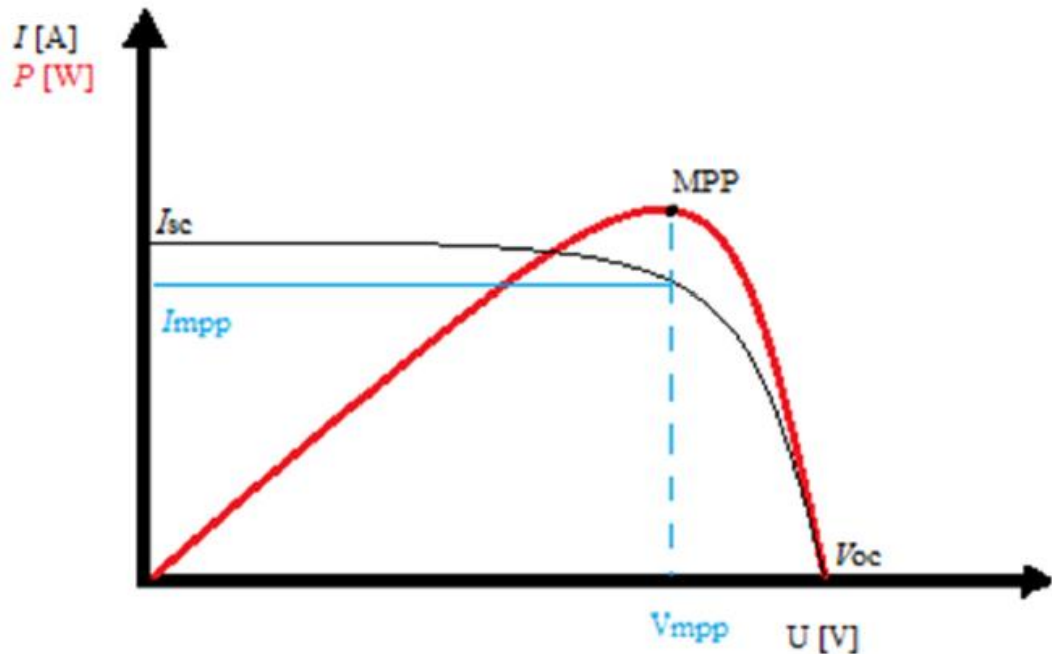
BluES CP:n rakenteellisena lähtökohtana on kytkeä kuusi (6) aurinkopaneelia sarjaan yhtä Eltek Flatpack2 2000HE tasasuuntaajaa kohden, jotta järjestelmässä käytettävän tasasuuntaajan tulojännitearvo täyttyy (ks. liite 2). Tasasuuntaajat muuntavat aurinkopaneeliketjujen syöttämän sähköenergian järjestelmän akustolle sopivalle jännite- ja virta-alueelle. Tasasuuntaajan 2000 W teho on rajoittava tekijä, joka huomioidaan paneelien valinnassa ja lukumäärässä. Tarpeeton paneelien ylimitoittaminen varautumalla kaikkiin sääolosuhteisiin nostaisi järjestelmäkokonaisuuden hintaa kohtuuttoman paljon. Järjestelmässä tulee olemaan kolme (3) tasasuuntaajaa, mikä merkitsee kolmea erillistä kuuden aurinkopaneelin ketjua (ks. liite 3). BluES CP:ssä on mahdollista käyttää myös muiden valmistajien tasasuuntaajia, mikäli niiden tekniset vaatimukset täyttyvät.

Häiriöolosuhteisiin varaudutaan generaattorilla, joka kytketään järjestelmässä olevaan generaattori-tuloon. Vaihtovirtageneraattoriin turvaudutaan silloin kun sääoloista johtuen akustoa ei ole saatu ladattua tarvittavaan kapasiteettiin aurinkoenergialla. Muun muassa kohdemaiden sadekauden aikaan joudutaan turvautumaan generaattorin energiansyöttöön (Salmela 2014).

Aurinkopaneelivalinnaksi on alustavasti valittu Panasonicin HIT Power 240S -malli, joka on hyötysuhteeltaan hyvä sekä sähköisiltä arvoiltaan sopiva järjestelmäkokonaisuuteen (ks. Liite 4). Myös muiden valmistajien aurinkopaneeleita on mahdollista käyttää, mikäli niiden tekniset vaatimukset täyttyvät.

Jokainen aurinkopaneeli varustetaan MPPT-säätimellä (Maximum Power Point Tracking = Tehopisteen säädin). MPPT-säädin on elektroninen komponentti, joka säätää aurinkopaneelista tulevaa sähkötehoa, siten että se laskee virran ja jännitteen suhdetta, jotta paneelille tulevasta auringon säteilystä saadaan mahdollisimman suu-

ri teho hyödynnettäväksi. Kuviossa 2 on esitetty MPPT-säätimen toiminta virran ja jännitteen suhteen tietyllä valaistusteholla (Blue Sky Energy 2009, 1-2).



Kuvio 2. Tehopisteen havainnollistaminen tietyllä valaistusteholla

4 TYÖN TOTEUTTAMINEN

4.1 Järjestelmän ja aurinkopaneelien välinen kaapelointi

BluES CP-järjestelmän ja aurinkopaneelien kaapeleiden ja johtojärjestelmien valinnassa on huomioitava odotettavissa olevat sääolosuhteet kuten tuuli, vesi, jään muodostuminen, auringon UV-säteily sekä lämpötila. Myös sähköiset häiriötilanteet kuten maa- ja oikosulkutilanteet tulee huomioida kaapeleita valittaessa ja asennettaessa (SFS 6000-7-712.522). Häviöiden ja vikatilanteiden minimoimiseksi kaapeleiden pituuksien tulisi olla mahdollisimman lyhyitä. Asennuksen kaikkien johdinsilmukoiden

pinta-alojen on oltava mahdollisimman pieniä, jotta saataisiin pienennettyä ukkosen indusoimia jännitteitä (SFS 6000-7-712.444).

Lähtöarvoina kaapeleiden mitoitukselle ja valinnalle hyödynnetään seuraavia arvoja:

- Eltek FlatPack 2 2000HE tasasuuntaajan tulojännite maks. 275 VDC
- Yhden paneeliketjun nimellisvirta 8 A
- Arvioitu paneeliketjun pituus noin 100 m
- Kohdemaiden korkeammat lämpötilat, kestettävä +70 °C lämpötilat

Mitoituksessa käytettävän yhden paneeliketjun laskennallinen nimellisvirta saadaan seuraavan kaavan mukaan.

$$I = \frac{P}{U}$$

I = Virta, A

P = Teho, W. Teho on tasasuuntaajan teho (=2000 W)

U = Jännite, V. Jännitearvo on tasasuuntaajan maksimi tulojännite (=275 VDC)

$$I = \frac{2000 \text{ W}}{275 \text{ V}} = 7,27 \text{ A} \approx 8 \text{ A}$$

Laskussa saatu 7,27 A tulos pyöristetään arvoon 8 A, joka on mitoituksessa ja komponenttien valinnassa käytettävä arvo myöhempänäkin. Virta-arvoa hyödynnetään mitoituksessa vaikka nykyinen paneelivalinta tuottaa maksimissaan 5,51 A nimellisvirran (ks. Liite 4). Mitoituksessa on siis normaaliin tapaan hieman ylimitoitettu, jotta esimerkiksi paneelimalin vaihtuessa suurempaa nimellisvirtaa syöttävään malliin todennäköisyys paneeliketjun komponenttien vaihtotarpeelle on pieni. Työssä käytettyjen laskukaavojen avulla varmistetaan mahdollisten eri paneelimallien sopivuus

asennuskokonaisuuteen. Laskut tulee paneelimallien muuttuessa laskea uudelleen, jotta varmistutaan aurinkopaneelien sopivuudesta asennuskokonaisuuteen.

SFS 6000-5-52:n liitteessä 52G todetaan että jännitteenalenema ei saa olla pienjänniteasennuksessa, jota syötetään yksityisestä teholähteestä, suurempi kuin 8 % sähköasennuksen nimellisjännitteestä. MCS:n ohjeistuksen mukaan aurinkosähköisissä asennuksissa suositellaan alenemaksi <3 % (MCS 2013, 26). Kuvion 3 mukaisesti pienin sallittu poikkipinta-ala johtimelle asennukseen on 1,5 mm².

Aurinkopaneelien kaapeloinnissa tulisi käyttää kaapelityypiltään seuraavanlaisia kaapelityyppejä, jotta pienennetään maa- ja oikosulkujen riskiä:

- Yksinkertainenjohdin kaksoiseristyksellä
- Yksinkertainenjohdin suojaputkeen asennettuna
- Monijohtiminen kaapeli, vahvistettuna metalliverkolla (MCS 2013, 27)

Johtojärjestelmä		Käyttötarkoitus	Johdin	
			Materiaali	Poikkipinta mm ²
Kiinteät asennukset	Kaapelit ja eristetyt johtimet	Tehonsyöttö- ja valaistuspiirit	Kupari	1,5
			Alumiini	Kaapelistandardin IEC 60228 mukaan (10 mm ²) (ks. huom. 1)
	Merkinanto- ja ohjauspiirit	Kupari	0,5 (ks. huom. 2)	
	Paljaat johtimet	Tehonsyöttöpiirit	Kupari	10
		Merkinanto- ja ohjauspiirit	Kupari	4
Eristetyillä johtimilla ja kaapeleilla tehdyt taipuisat liitännät	Tiettyä kojetta varten	kupari	Asianomaisen laitestandardin mukaisesti	
	Muuhun käyttöön		0,75 ^a	
	Pienoisjännitepiirit erikoiskäytössä		0,75	
HUOM. 1 Alumiinijohtimissa käytettävien liittimien on oltava rakennettuja ja testattuja erityisesti tähän käyttöön.				
HUOM. 2 Elektroniikkalaitteiden merkinanto- ja ohjauspiireissä hyväksytään 0,1 mm ² poikkipinta.				
HUOM. 3 Pienoisjännitevalaistuksen erityisvaatimukset, katso SFS 6000-7-715.				
^{a)} Monijohdinkaapeleissa, joissa on vähintään 7 johdinta, huomautus 2 on voimassa.				

Kuvio 3. Johtimien pienin sallittu poikkipinta (SFS 6000-5-52 Taulukko 52.2)

Kuviossa 3 esitetyt johtimien pienimmät poikkipinta-alat ovat hyödynnettävissä tasaja vaihtovirtapiireissä.

Johtimen resistanssi lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

R = resistanssi, ohmi

ρ = ominaisvastus, $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ (kuparilla 0,0175 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

l = johtimen pituus, m (paneeliketjun plus- ja miinusjohtimen yhteenlaskettu pituus 200 m)

A = poikkipinta-ala, mm²

Koska kyseessä on tasavirta käyttökohte, laskennassa ei tarvitse huomioida vaihtovirralla esiintyvää vaihtovirtavastusta, joten laskeminen on yksinkertaisempaa. Aluksi tarkastellaan johdin vaihtoehdoksi kuvion 3 mukaisesti valittavaa pienintä poikkipinta-alaa eli 1,5 mm².

$$R = \frac{0,0175 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * 200 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 2,333 \Omega$$

$$U_{alenema} = 2,333 \Omega * 8 \text{ A} = 18,664 \text{ V}$$

Johtimen, jonka poikkipinta-ala on 1,5 mm², saadaan jännitehäviöksi 18,664 V, joka on 6,8 %. Tämä on liian suuri jännitehäviö MCS:n ohjeistuksen mukaan, joten suoritetaan sama tarkastelu paksummalle johtimelle.

Poikkipinta-alan arvoa muuttamalla laskuissa saatiin seuraavanlaiset jännitteenalennemat:

Poikkipinta-ala, mm ²	Jännitehäviö, V	Jännitehäviö, %
2,5	11,2	4,07
4	7	2,5
6	4,67	1,7

Jännitehäviöitä tarkastellessa asennuksen johtimen poikkipinta-alan tulisi siis olla vähintään 4 mm² asennettavan johtimen pituuden ollessa 100 metriä, jotta jännitehäviö olisi sallitulla alueella. Yleisesti käytännössä valitaan asennukseen yhtä kokoa suurempi johdin, jotta esimerkiksi paneelien lukumäärän kasvaessa ei kaapelointia tarvitsisi uusia. Asennuskohteen kokonaiskustannukset eivät myöskään olennaisesti kasva johdinkokoa kasvatettaessa.

Suurempi johdinkoko on myös perusteltua valita, jottei aiheuteta turhaa järjestelmäkokonaisuuden hyötysuhteen laskua. Kustannustehokkaiden aurinkopaneelien nykyiset hyötysuhteet ovat valmistajasta ja kennotekniikasta riippuen noin 18 % - 24 %, (Green M. A. ym. 2012) joten lisähäviöiden aiheuttaminen liian pienellä johtimen poikkipinta-alalla ei ole kannattavaa järjestelmäkokonaisuuden hyötysuhteen kannalta.

Aurinkopaneelin johtimen valinnassa huomioidaan lämpötilavaikutukset. Kuviossa 4 on esitetty SFS 6000 lämpötilat yleisille johdineristysmateriaaleille. Sen mukaan asennuksessa voi hyödyntää PVC-eristettyä (=polyvinyylikloridi), jotta se täyttää kaapelin mitoituksessa ja valinnassa käytetyt kriteerit.

Eristeen laji	Lämpötilan raja-arvo ^{a, d} °C
Termoplastinen (Polyvinyylikloridi PVC)	70 johtimessa
Silloitettu polyeteeni (PEX) ja eteenipropreenikumi (EPR)	90 johtimessa ^{b, e}
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 vaipassa
Mineraali (paljas, ei kosketeltavissa eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 vaipassa ^{b, c}
<p>^a Taulukossa 52.1 esitetyt suurimmat sallitut johtimen lämpötilat, joitten perusteella on annettu liitteessä 52A esitetyt taulukoidut kuormitettavuusarvot, ovat standardisarjojen IEC 60502 ja IEC 60702 mukaisia.</p> <p>^b Jos johtimen lämpötila on yli 70 °C, on varmistettava että johtimeen liitetty laite soveltuu tämän seurauksena liittimessä esiintyvään lämpötilaan.</p> <p>^c Mineraalieristeisille kaapeleille voidaan sallia korkeampia lämpötiloja sen mukaan kuinka hyvin kaapelit kestävät lämpöä. Sallittuihin lämpötiloihin vaikuttavat myös kaapelien liittokset, ympäristöolosuhteet ja muut ulkoisten tekijöiden vaikutukset.</p> <p>^d Sertifioiduilla johtimilla tai kaapeleilla voi olla valmistajan määrittelyjen mukainen lämpötilan raja-arvo.</p> <p>^e PEX- tai EPR-eristeisten kaapeleiden eristysmateriaali sallii kaapeleille jatkuvalla kuormituksella 90 °C johdinlämpötilan. Tämä saattaa kuitenkin maa-asennuksissa johtaa kaapelia ympäröivän maan kuivumiseen ja sen lämpöresistivisyyden kasvuun, jonka seurauksena kaapeli ylikuormittuu. Tämän takia liitteen 52A suomalaisessa versiossa on PEX- tai EPR-eristeisten maahan asennettujen kaapelien kuormitettavuusarvot annettu käyttäen johtimen lämpötilaa 65 °C, jolloin kuormitettavuus vastaa PVC-eristeisten kaapelien kuormitettavuutta. Myös muissa asennuksissa voi PEX- tai EPR-eristeisen johtimen korkea johtimen lämpötila aiheuttaa vaaraa paloherkissä olosuhteissa.</p>	
<p>HUOM. 1 Taulukko ei sisällä kaikkia kaapelityyppejä.</p> <p>HUOM. 2 Tämä ei koske jakelukiskojärjestelmiä, kiskokanavajärjestelmiä ja valaisimien kosketinkiskojärjestelmiä, joiden kuormitettavuudet antaa valmistaja standardien EN 60439-2 (EN 61439-6) ja EN 61534-1 mukaisesti.</p> <p>HUOM. 3 Muuntyyppisten eristeiden lämpötilan raja-arvot annetaan kaapelin määrittelyssä tai ne antaa valmistaja.</p>	

Kuvio 4. Johdineristeiden lämpötilan raja-arvot (SFS 6000-5-52 Taulukko 52.1)

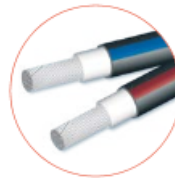
Potentiaalinen johdinvalinta asennuksessa käytettäväksi voisi olla muun muassa kuviossa 5 esitetty Nexans kaapelointiyhtiön valmistama ENERGYFLEX-kaapelit, joka on suunniteltu käytettäväksi PV-asennuksissa. Kaapelin ominaisuuksissa on huomioitu niin auringon UV-säteily kuin ääriämpötilat välillä -40 °C - $+120\text{ °C}$. Johtimet ovat myös kaksoiseristettyjä, kuten MCS:n ohjeistukseen kuuluu. Johtimen jännitteenkertoisuus (600 V – 1000 V) ylittää paneeliketjun jänniterajan 275 V, joten se täyttää jännitekestoisuudelle asetetut vaatimukset. Johdinta on saatavana useilla eri johdinpoikkipinta-aloilla, muun muassa aiemmin johdinmitoituksessa saadut 4 mm^2 ja 6 mm^2 löytyvät valikoimasta. Johtimet on merkitty punaisella (plus-johdin) ja sinisellä (miinus-johdin) raidalla (ks. Kuvio 5), jotka helpottavat tunnistusta asennusvaiheessa ja huoltotoimenpiteiden aikana. (Nexans 2011, 1-2)

Product added value

- No degradation of the sheath unlike coloured sheaths (mostly red or blue) that will become brittle and crack after some years of UV exposure

Customer added value

- Easy to use and to install
- Time saving
- Easy phase identification



ENERGYFLEX ONE STRIPE™

CROSS SECTION	CONDUCTOR DIAMETER	LINEAR RESISTANCE	OUTER DIAMETER		APPROXIMATE WEIGHT	BENDING RADIUS	TRACTION MAX	AMPACITY UNDER STANDARD CONDITIONS, UNINTERRUPTED CONTINUOUS OPERATION: 90 °C AND AMBIENT TEMPERATURE	SHORT-CIRCUIT INTENSITY (1 SECOND)
(mm ²)	(mm)	(ohm/km)	(mm) mini	(mm) maxi	(kg/km)	(mm)	(N)	(A)	(A)
1,5	1,5	13,7	4,4	4,9	32	14,7	23	21	189
2,5	1,9	8,21	4,8	5,3	49	15,9	38	29	315
4	2,5	5,09	5,5	5,9	67	17,7	60	39	504
6	2,9	3,39	5,9	6,4	87	19,2	90	50	756

Kuvio 5. Nexans Energyflex-johdin PV-asennuksiin.

Vaipallinen yksijohtiminenkaapeli on myös SFS 6000-7-712.522.8.1 suosituksena johtojärjestelmien suojaukseen ulkoisia olosuhteita vastaan.

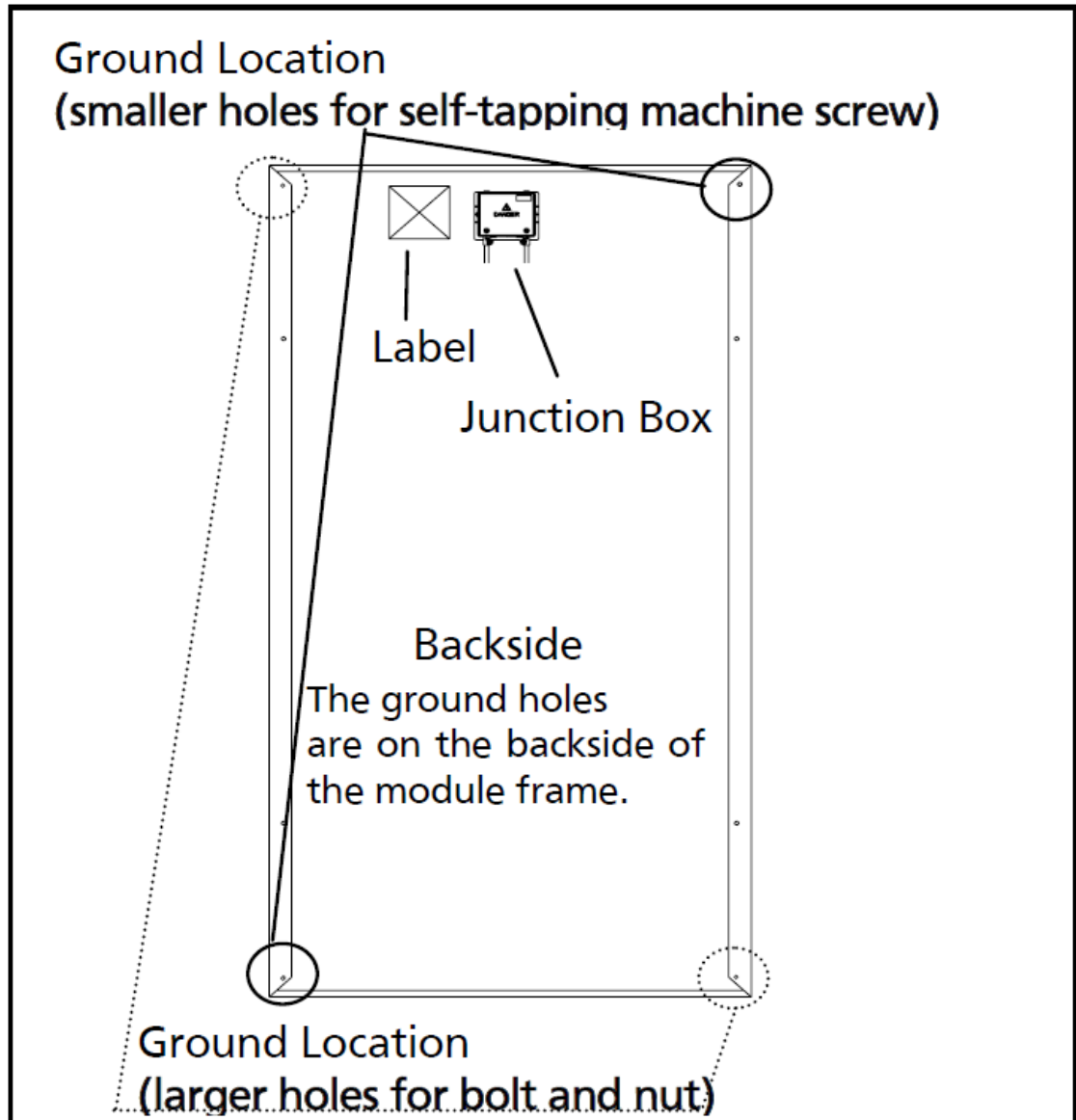
4.2 Aurinkopaneeliasennuksen maadoittaminen

4.2.1 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasaus tarkoittaa paljaiden sähköä johtavien osien liittämistä maadoituspisteeseen. Täten mahdollistetaan tasapotentiaali, joka pienentää kosketusjännitettä vianaikana jännitteelle alttiissa johtavissa osissa. Aurinkopaneeliasennuksessa tämä tarkoittaa paneelien metallisten kehysten sekä asennuskehikoiden liittämistä maapotentiaaliin maadoitusjohtimen kautta (MCS 2012, 38). Tämä toimenpide estää vaarallisten jännite-erojen esiintymisen johtavissa rakenteissa.

Panasonicin julkaiseman HIT Power 240S-sarjan aurinkopaneelin asennusohjeen mukaisesti jokainen aurinkopaneeli tulee maadoittaa. Jokainen paneelikokonaisuuden metallinen osa, joka on kosketuksissa paneeliin, tulee myös maadoittaa. Aurinkopaneelin runko on valmistettu alumiinista ja magnesiumista, joten maadoitusjohtimen kiinnitystarvikkeiden (pultit, mutterit, itseporautuvat ruuvit ja aluslevyt) on oltava ruostumattomasta teräksestä valmistettuja, jotta voitaisiin ehkäistä maadoitusliitoksen korroosion muodostumista (Panasonic 2013, 4-6).

HIT Power 240S -aurinkopaneeli maadoitetaan kuvion 6 mukaisesti. Paneelissa on yhteensä neljä maadoituspistettä paneelin takapuolella sijaitsevilla nurkilla. Kahden pienempi reikäiseen kohtaan maadoitus tehdään itseporautuvalla ruuvilla ja suurempi reikäiseen ruuvi ja mutteri-liitoksella. Potentiaalintasausjohdin liitetään vain yhteen paneelin maadoituspisteeseen.



Kuvio 6. HIT Power 240S aurinkopaneelin maadoituspisteet.

SFS 6000-7-712.54 todetaan:

Jos asennetaan suojaavia potentiaalintasausjohtimia, niiden on oltava tasasähkö- ja vaihtosähkökaapelien sekä niiden varusteiden rinnalla ja mahdollisimman lähellä niitä.

Standardin mukaisesti potentiaalintasauksessa käytettävä johdin on asennettava tasa- ja vaihtosähkökaapeleiden rinnalle. Tällä estetään suurien johdinsilmukoiden

syntyminen, johon voisi indusoida esimerkiksi salamoinnin vaikutuksesta suuria jännitteitä. Sama asennuskäytäntö koskee myös tasa- ja vaihtosähköjohdotuksia.

Jokaisen kolmen paneeliketjun aurinkopaneelien rungot kytketään potentiaalintasausjohtimella asennuskohteessa maadoituskiskoon, joka on yleensä rakennuksen katolla tai asennuskohteen rakenteissa.

SFS 6000-5-544.1.1 todetaan:

Pääpotentiaalintasaukseen SFS 6000-4-41 kohdan 411.3.1.2 mukaisesti käytettävien suojaavien potentiaalintasausjohtimien, jotka liitetään päämaadoituskiskoon kohdan 542.4 mukaisesti, on oltava poikkipinnaltaan vähintään puolet asennuksen suurimmasta suojamaadoitusjohtimesta ja vähintään:

- *6 mm² kuparia tai*
- *16 mm² alumiinia tai*
- *50 mm² terästä.*

Pääpotentiaalintasausjohtimien poikkipinnan ei tarvitse olla suurempi kuin 25 mm² kuparia tai vastaava poikkipinta muuta materiaalia.

Eli standardin mukaisesti aurinkopaneelien metalliset rungot liitetään asennuskohteiden maadoituskiskoon vähintään 6 mm² kuparijohtimella.

4.2.2 BluES CP-järjestelmän maadoitus

BluES CP-järjestelmässä oleva yhteinen plusjännitekisko kytketään omalla maadoitusjohtimella samaan maadoituskiskoon kuin potentiaalintasausjohdinkin, jotta saadaan järjestelmä plusmaadoitetuksi. Plusmaadoittaminen on telekommunikaatiolaitteilla määräyksien mukaista, sekä korroosiota estävää.

SFS 6000-5-542.3.1 todetaan:

Maadoitusjohtimien on vastattava kohdan 543.1.1 tai 543.1.2 vaatimuksia. Niiden poikkipinta-ala pitää olla vähintään 6 mm² kuparia tai 50 mm² terästä. Maahan upotettujen maadoitusjohtimien poikkipintojen pitää kuitenkin olla taulukon 54.1 mukaisia. Alumiinijohtimia ei saa käyttää maadoitusjohtimina.

Standardin SFS 6000-5-542.3.1 mukaisesti järjestelmän maadoitukseen käytetään vähintään 6 mm² kuparijohdinta.

SFS 6000-5-543.1.1 sisältämän taulukon 54.2 mukaan (ks. Liite 8) suojajohtimen minimipoikkipinta-ala on oltava vähintään sama kuin äärijohtimella, kun äärijohtimen poikkipinta-ala on 16 mm² tai pienempi. Normaalisti telelaite käytössä ei tarvitse tätä kokoluokkaa ylittää. Joten suojajohtimen on oltava vähintään samankokoinen kuin BluES CP:n kytketyn suurimman kuorman äärijohtimen poikkipinta-ala, kuitenkin vähintään 6 mm² kuparijohdin. Suositeltavaa olisi, että käytetään silti suurempaa johdinkokoa maadoitustarkoitukseen.

4.2.3 Ylijännitesuojan maadoitus

Liitteessä 3 on esitetty kytkentäpaneeli (connection panel) kussakin aurinkopaneeliketjussa. Kukin kytkentäpaneeli sisältää johdonsuojakatkaisijan, käyttökytkimen sekä ylijännitesuojan SPD (=Surge Protection Device). Ylijännitesuoja ”tarkkailee” plus- ja miinusjohtimen välistä jännitettä. Jännitteen kasvaessa yli jännitesuojan ominaisjännitearvon, ylijännitesuoja tulee johtavaksi jolloin se maadoittaa ylijännitteen maadoituspisteeseen siihen kytketyn maadoitusjohtimen kautta. Tämän avulla suojataan aurinkopaneeliketjuja muun muassa salaman aiheuttamilta vahingoilta.

Ylijännitesuojan maadoitusjohtimelle asetetaan samoja SFS 6000-5-542.3.1 määräyksiä kuin järjestelmän maadoituksessa. Huomioitavaa on standardin lisäys, koskien salamaniskujen suojausta:

HUOM. Jos maadoituselektrodiin on liitetty suojaus salamaniskuilta, tähän tarkoitukseen käytettävien maadoitusjohtimien poikkipinnan pitäisi olla vähintään 16 mm² kuparia tai 50 mm² terästä (ks. EN 62305-sarja).

Tämä tulee huomioida jokaisessa järjestelmäkokonaisuuden asennuskohteessa. Asennuskohteiden ollessa usein erilaisia, on selvitettävä kohteessa sisältykö maadoituselektrodiin suojaus salamaniskuilta. Salamasuojauksella varustetussa kohteessa täytyy käyttää 16 mm² kuparijohdinta ja suojauksen puuttuessa riittää vähintään 6 mm² kuparijohdin.

4.3 KytKentä- ja liitäntäpaneelin komponentit

4.3.1 Kontaktorin vaatimukset ja valinta

Kontaktori on sähkömekaaninen kytkin. Kontaktori sisältää kelan, joka sähkövirran avulla magnetoituu ja saa kontaktorin pääkoskettimet vaihtamaan tilaa.

Kontaktorien avulla erotetaan aurinkopaneelien syöttämä sähköenergia järjestelmästä. Kullekin aurinkopaneeliketjulle tulee oma kontaktori, jota ohjataan vetäneeksi jos järjestelmän jännitteenvalvontareleet havaitsevat paneelien jännitteen olevan tasasuuntaajille sopivalla jännitealueella. Kontaktorien ohjauksessa huomioidaan vaihtovirtageneraattori, eli kontaktorit eivät saa olla vetäneenä kun järjestelmään syötetään virtaa generaattorin avulla.

Kontaktorin sähköisiä ja rakenteellisia vaatimuksia ovat:

- 48 VDC + 20 % kelajännite
- Apukosketin tai sen liitäntä mahdollisuus tilatietoa varten I/O:lle

- Koskettimien jännitteenkesto vähintään 300 VDC
- Vähintään kaksi kosketinta (plus- ja miinusjohtimelle)
- Vähintään 10 ampeerin virrankesto koskettimille

Kontaktorin on kestävä suurempaa kelajännitettä kuin nimellisjännite 48 VDC, sillä akuston balansoinnin yhteydessä BluES CP-järjestelmän akuston jännite nousee noin 58 VDC asti (Salmela 2014).

Liitteessä 5 on esitetty yksinkertaistettu kytkentätapa, kuinka kontaktorin koskettimet kytketään. Kontaktorin koskettimien ja aurinkopaneeleiden väliin kytketään vikavirtasuojakytkin (Irsd> liitteessä 5).

Komponenttien löytäminen järjestelmää varten on haastavampaa, koska BluES CP:n käyttämät telekommunikaatiolaitteiden jännite- ja virta-arvot poikkeavat paljon yleisesti teollisuudessa ja kotitalouksissa käytetyistä arvoista (vrt. verkkojännite Suomessa 230 VAC). Komponenttivalintojen vaikeuteen törmäsin jo työskennellessäni Proxion Solutionsilla insinöörikoulutuksen työharjoittelujakson aikana.

Valmistajat ilmoittavat kontaktoreiden kohdalla monesti koskettimien sallitut virta-arvot vain vaihtovirtakäytössä ja monet kontaktorit ovatkin suunniteltu vaihtovirtaisia sähkömoottorikäytäntöjä silmällä pitäen. Tasavirran katkaiseminen suuremmilla jännitteillä on vaikeampaa verrattuna vaihtovirtaan. Tasavirtaa katkottaessa koskettimien väliin syntyy helposti valokaari-ilmiö suurilla jännitteillä, jos kontaktori ei ole teknisesti sopiva tasavirralla.

Järjestelmän kannalta potentiaalinen kontaktorien tuotevalikoima löytyi Schneider Electric yritykseltä. Yrityksen tarjoamasta TeSys D- tuoteperheestä löytyi myös muutama potentiaalinen malli jonka sähköiset arvot olisivat sopivat suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Mallien teknisissä tiedoissa on vain ilmoitettu koskettimien sallitut virtarajat AC-käytössä, joten otin yhteyttä Schneider Electricin tekniseen tukeen ja

kuvailin käyttötarkoituksen ja -kohteen pääpiirteittäin ja sain tarkentavia dokumentteja tuotteista. Dokumentit ovat Schneider Electricin sivuilla yleisessä jaossa, ja niissä ilmoitetaan tarkat virta-arvot tasavirtakäytöissä.

Schneider Electricin teknisestä tuesta suositeltiin kuvailtuun käyttötarkoitukseen LC1DT40ED-kontaktorimallia (ks. Kuvio 7), jossa on standardikela (kelan tehonkulutus 5,4 W), ja LC1DT40EL-mallia pientehokelalla (kelan tehonkulutus 2,4 W). Mallien ainoa eroavaisuus on kela ja sen tehonkulutus. Malleissa on tarvittavat apukoskettimet kontaktorin tilatietoa varten. Kontaktorin ohjauskelan jännitteenkesto on molemmissa malleissa maksimissaan 60 VDC joka riittää BluES CP:n akkupuolen korkeimpiin jännitearvoihin (ks. Liite 6).



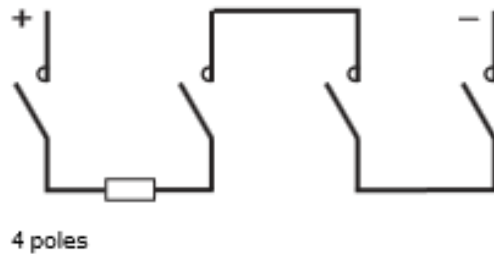
Kuvio 7. Schneider Electric LC1DT40ED kontaktori

Kuviossa 8 on esitetty eri kontaktorimallien nimellisvirta-arvot DC-1 käyttöluokassa. DC-1 käyttöluokkaan kuuluu kuormat jotka eivät ole indusoivia tai ovat vähän indusoivia (Schneider Electric 2008, 4). Tähän luokkaan kuuluu kontaktoriin kytkettävä aurinkopaneeliketju.

Kuviota 8 tarkastellessa LC1DT40 kohdalta huomataan, että suunnitellulla 300 V nimellisjännitteen käytöllä tulee kytkeä kontaktorin neljä kosketinta sarjaan, jotta saadaan 32 ampeerin virrankesto ja -katkaisukyky. Aurinkopaneeliketju ketju kytketään kontaktoriin kuviossa 9 esitetyllä tavalla (Schneider Electric 2008, 1).

Rated operational current (I _e) in Amperes, in utilisation category DC-1, resistive loads: time constant $\frac{L}{R} \leq 1$ ms, ambient temperature ≤ 60 °C										
Rated operational voltage U _e	No. of poles connected in series	Contactor rating (1)								
		LC1 D09	LC1 DT20	LC1 D12 DT25	LC1 D18 DT32	LC1 D25 DT40	LC1 D32	LC1 D38	LC1 D40A	LC1 DT60A
V										
24	1	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	2	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	3	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	4	–	20	20	25	32	–	–	–	50
48/75	1	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	2	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	3	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	4	–	20	20	25	32	–	–	–	50
125	1	4	4	4	4	7	7	7	7	7
	2	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	3	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	4	–	20	20	25	32	–	–	–	50
250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	4	4	4	4	7	7	7	7	7
	3	20	20	20	25	32	40	40	50	50
	4	–	20	20	25	32	–	–	–	50
300	3	4	4	4	4	7	7	7	7	–
	4	–	20	20	25	32	–	–	–	50

Kuvio 8. Kontaktorien nimellisvirrat DC-1 käyttöluokassa



Kuvio 9. Kuorman kytkeminen kontaktoriin

Kontaktorimalli on hyvä vaihtoehto BluES CP järjestelmään käytettäväksi sähköisiltä arvoiltaan. Kontaktorimalli on DIN-kiskoon asennettava malli, joten se sopii hyvin sen osalta BluES CP:n liitäntäpaneeliin suunniteltuun DIN-kiskoon.

4.3.2 Vikavirtasuojakytkimen tarpeellisuus ja vaatimukset

Vikavirtasuojakytkin on lisäsuojalaite, jota käytetään tuomaan lisäsuojausta johdon-suojakatkaisijalle ja sulakkeelle. Vikavirtasuojakytkin katkaisee vahingolliset vuotovirrat ja jännitteet, sekä valvoo laitteiston eristysvikoja. Nämä suojaustoiminnot antavat lisäsuojaa mahdollisen sähköpalon varalle (STEK 2009, Vikavirtasuoja).

Vikavirtakytkimen toiminta perustuu sähköjohdon plus- ja miinusjohtimien virran mittaamiseen. Normaalitilanteessa plus- ja miinusjohtimissa kulkee yhtä suuret sähkövirrat ja vikatilanteessa sähkövirtaa vuotaa muualle, jolloin sähkövirrat ovat eri suuret jonka vikavirtasuoja havaitsee. Vikavirtasuoja katkaisee siihen liitetyn virtapiirin virtaeron ollessa 30 mA, jos sen pääasiallisena käyttötarkoituksena on henkilösuojaus (STEK 2009, Vikavirtasuoja).

Standardissa SFS 6000-7-712.411.02 todetaan:

Jos sähköasennus sisältää valosähköisen syötön ilman ainakin yksinkertaista erotusta tasasähkö- ja vaihtosähköosien välillä, syötön automaattisen poiskytkennän aikaansaavan vikavirtasuojan on oltava EN 62423 mukaista B-tyyppiä.

Jos valosähköisen järjestelmän vaihtosuuntaaja ei pysty syöttämään sähköasennukseen tasasähkövikavirtoja, B-tyypin vikavirtasuojaa ei vaadita.

BluES CP järjestelmään on suunnitteilla kaksinapainen erotus kontaktorien avulla. Kaksinapaisessa erotuksessa aurinkopaneeliketjun plus- ja miinusjohdin erotetaan kontaktorin koskettimien avulla, jolloin estetään vikavirtojen vuotaminen aurinkopaneeliketjuun, silloin kun järjestelmää ladataan vaihtosähkögeneraattorilla. Sähkön pääsy vaihtosuuntaajille on myös erotettavissa pääkytkimen avulla.

Kontaktorien ohjaus hoidetaan ohjelmallisesti, jolla estetään vaihto- ja tasasähkön yhtäaikainen kytkeytyminen. Täten järjestelmäkokonaisuudessa määräysten mukaan ei vaadita vikavirtasuojan käyttöä.

Henkilöturvallisuuden ja järjestelmän lisäsuojaksi vikavirtasuojakytkimen lisääminen BluES CP järjestelmään on suositeltavaa mahdollisten vikatilanteiden syntymisen vuoksi. Yrityksen sisäisten keskustelujen lopuksi päätettiin että vikavirtasuojakytkin lisätään järjestelmään lisäämään sähköturvallisuutta.

Standardissa mainittu vikavirtasuojan B-luokka tarkoittaa vikavirtasuojaa, joka on herkkä pulssimaista tasasähköä tai tasoitettua tasasähköä ja vaihtosähkömuotoa oleville vikavirroille tai yhdistelmävirroille (SFS-6000-5-531.2).

Vikavirtasuojan valinnassa hyödynnetään seuraavia vaatimuksia:

- B-luokan toiminta
- Jännitteenkesto 300 VDC
- Vikavirtakytkimen toiminnan raja 30 mA
- Lähdejännite 60 VDC (syöttö akustolta)

Potentiaalinen vikavirtasuojakomponentti on Bender yrityksen tarjoama RCMA423 tuotesarja (ks. Kuvio 10). Komponentti on digitaalinen maadoitusvikojen monitorointiin suunniteltu malli, mutta havaitsee henkilösuojauksessa rajana käytetyn 30 mA vikavirta-arvon. Komponentti soveltuu käytettäväksi AC-, DC- ja AC/DC-järjestelmissä, ja täyttää standardissa vaaditun B-luokan toiminnan. Vikavirta-alue on säädettävissä välillä 30 mA – 3 A (Bender 2013).

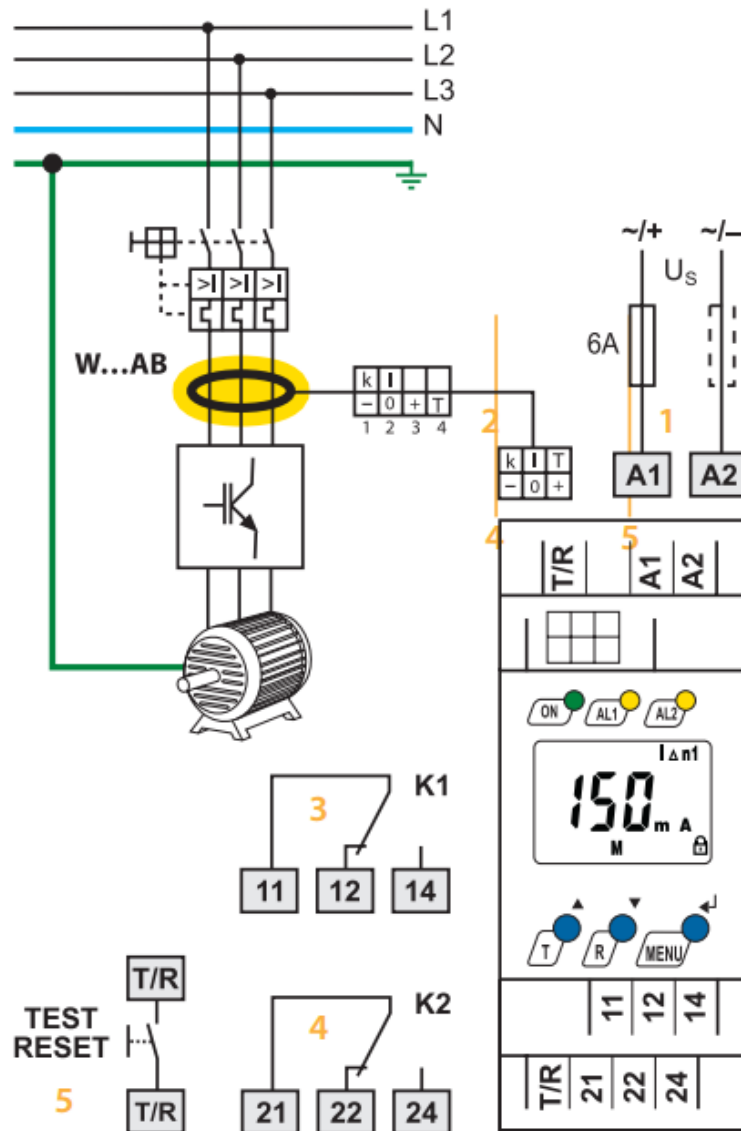


Kuvio 10. Bender RCMA423

RCMA423-D-1 mallin nimellisjännite on 9,6 - 94 VDC ja virtamuuntajan avulla on mahdollista mitata jännitettä 800 V asti (ks. Liite 7). Syöttöjännite vikavirtasuojalle otetaan akustolta, jonka jännitealue on alueella 48 – 57 VDC riippuen akuston varauksesta, joten se sopii hyvin järjestelmäkokonaisuuteen.

Tuotesarjaan kuuluva RCMA423-D-2 on muuten sama tuote kuin RCMA423-D-1, mutta erona on nimellisjännite, joka on RCMA423-D-2 mallissa 70 – 300 V AC/DC. Tästä johtuen kyseisen malli ei sovellu käytettäväksi BluES CP:ssä.

Kuviossa 11 on esitetty RCMA423:n liitännät sekä virtamuuntajan kytkentä. Aurinkopaneeliketjujen plus- ja miinusjohtimet viedään virtamuuntajan lävitse, joka havaitsee johtimien virtaeron vikatilanteissa (Bender 2013, 3).

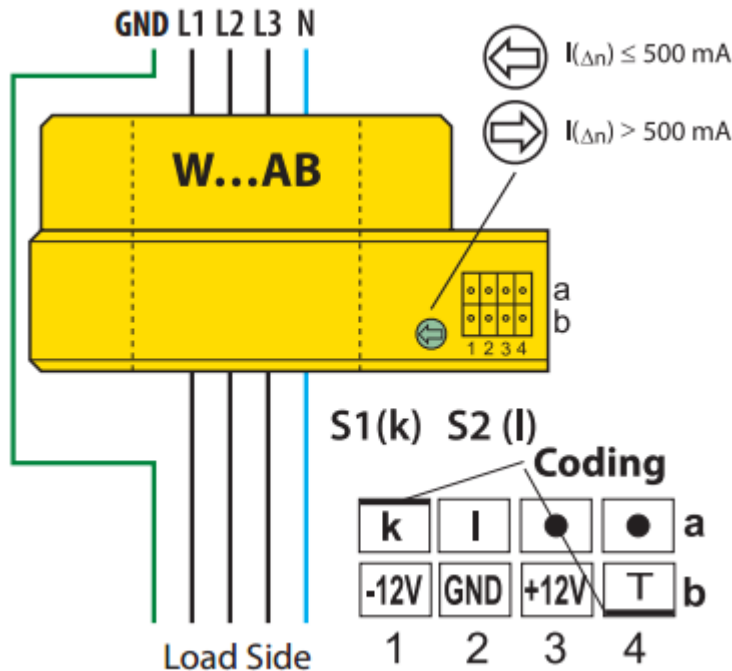


- 1- External supply voltage used to power device
5 A fuse required for internal short circuit protection
- 2- Connection to external current transformer. For AC, all phases (including a neutral if one exists) are placed through. For DC, both legs are placed through.
- 3- Alarm relay K1: $I_{\Delta n1}$ (prewarning).
- 4- Alarm relay K2: alarm $I_{\Delta n2}$ (alarm).
- 5- Combined TEST and RESET button:
short depress (< 1.5 s) = RESET,
long depress (> 1.5 s) = TEST.

Note! Do not route the ground conductor through the measuring current transformer when also routing the power conductors!

Kuvio 11. Bender RCMA423 liitännät ja esimerkkikytkentä

Huomioitavaa on, että maadoitusjohdinta ei tule viedä virtamuuntajan läpi mitattaessa syöttöjohtimia, kuten kuvio 12 osoittaa. Kuvioista 11 ja 12 poiketen virtamuuntajan läpi tuodaan vain aurinkopaneeliketjun kaksi johdinta eli plus ja miinus.



Kuvio 12. Virtamuuntajan kytkentä

Vikavirtatilanteen sattuessa komponentin K2 apukoskettimien kautta saadaan hälytystieto I/O-moduulille (ks. Kuvio 11), joka ohjaa kyseisen aurinkopaneeliketjun kontaktorin auki-asentoon, jolloin kyseinen viallinen paneeliketju on erotettu BluES CP järjestelmästä. Vikavirtasuojan K1 apukoskettimien kautta saadaan esivaroitus vikavirta-arvon lähestyessä asetettua vikavirta-arvoa (Bender 2013, 3).

RCMA423-D-1 asennetaan DIN-kiskoon, joka löytyy BluES CP:n liitäntäpaneelistä. Malli myös sopii lämpötila-alueeltaan (-25 °C - +55 °C) käytettäväksi järjestelmässä. Jokainen aurinkopaneeliketju tulee varustaa omalla vikavirtasuojalla ja virtamuuntajayhdistelmällä.

SFS 6000-5-53:n sisältämät taulukot O.531.4 ja O.531.5 antavat vikavirtasuojan maksimitoiminta-ajaksi 300 ms vikavirran ollessa 30 mA siniaaltoista vaihtovirtaa ja puoliaallon muotoista pulssimaista virtaa. Liitteestä 7 mainitaan Bender RCMA423:n toiminta-ajaksi ≤ 180 ms, joten laite täyttää vaatimukset myös tältäkin osin. Puhtaalle tasavirralle ei kyseisessä standardissa ole määritetty maksimitoiminta-aikaa.

4.3.3 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisija on sähköasennuksia ja – laitteita vikatilanteissa suojaava komponentti. Ylikuorman tai vian sattuessa johdonsuojakatkaisija laukeaa sulakkeen tavoin ja näin sähkövirran kulku lakkaa suojattuun verkonosaan tai laitteeseen. Johdonsuojakatkaisijassa on sulakkeesta poiketen vipu, jolla katkaisija voidaan asettaa uudestaan toimintakuntoon vian tai ylikuormituksen poistuttua (STEK 2009, johdonsuojakatkaisija).

KytKentäpaneeliin suunniteltuun johdonsuojakatkaisijaan pätee samat jännitteen ja virran kestoisuudet kuin aikaisemmin käsiteltyyn kontaktoriinkin (min. 300 VDC jännitteenkesto ja min. 10 A virrankesto).

Asennuskokonaisuuteen potentiaalinen komponenttinvaihtoehto on ABB:n valmistama S 280 UC johdonsuojakatkaisijasarja. S 280 UC-sarjasta löytyy malleja nimellisvirta-arvoiltaan välillä 0,2 A – 63 A. Aurinkopaneeliketjujen tuottamat virta-arvot huomioiden, nimellisvirta-arvoltaan 10 ampeerin malli S 284 UC-Z 10 (ks. Kuvio 13) olisi hyvä vaihtoehto asennukseen.

ABB:n S 280 UC-sarjan johdonsuojakatkaisijoissa on kestopagneetti, jolla nopeutetaan koskettimien välisen valokaaren katkaisua. Tästä syystä asennusvaiheessa on tärkeää huolehtia johtimien oikeasta napaisuudesta, jotta virran kulkusuunta pysyy oikeana (ABB 2006, 64; 68).

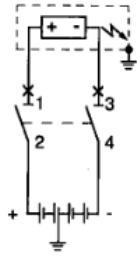
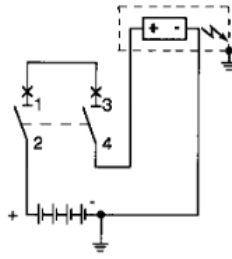
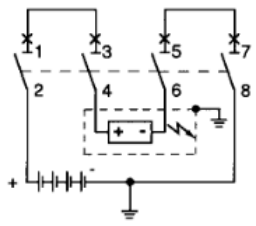


Kuvio 13. S 284 UC-Z 10 johdonsuojakatkaisija

Katkaistaessa yli 220 VDC jännitteitä maahan nähden S 280 UC sarjan johdonsuojakatkaisijoilla on käytettävä 2-napaista johdonsuojaa yksinapaiseen katkaisuun. Jos halutaan molemmat navat katkaistavaksi, kuten liitteen 3 mukaan on suunniteltu, täytyy käyttää 4-napaista johdonsuojakatkaisijaa.

Moninapaiseen katkaisuun ei saa käyttää yksinapaisia katkaisijoita. Eli 2-napaisen katkaisijan korvaaminen kahdella yksinapaisella katkaisijalla ei ole sallittua, eikä myöskään 4-napaisen korvaaminen neljällä yksinapaisella.

S 284 UC-Z 10 on 4-napainen johdonsuojakatkaisija, johon aurinkopaneeliketjun johdot kytetään kuvion 14 oikeanpuoleisessa sarakkeessa osoitetulla tavalla. Plus- ja miinusjohtimille tarvitaan kytkeä sarjaan johdonsuojakatkaisijan kaksi kosketinta, jotta saadaan yli 275 VDC jännitteenkesto (ABB 2006, 64).

Maks. jännite johtimien välillä	440 V ... kaikkinapainen katkaisu	440 V ... kaikkinapainen katkaisu	440 V ... kaikkinapainen katkaisu
Maks. jännite johtimien ja maan välillä	220 V verkko symmetrisesti maadoitettu	440 V verkko maadoittamaton tai epäsymmetrisesti maadoitettu	440 V verkko maadoittamaton tai epäsymmetrisesti maadoitettu
Johdonsuojakatk.	2-napainen S 282 UC	2-napainen S 282 UC	4-napainen S 284 UC
			

Kuvio 14. Johdonsuojakatkaisijan koskettimien kytkeminen

Liitteessä 3 on esitetty johdonsuojakatkaisija kuviosta 14 poiketen katkaistavaksi kaksinapaisesti, jotta mahdollisen toisen valmistajan tuotteen hyödyntäminen ja sen erityyppiset kytkentätavat eivät vaikuta liitteeseen 3.

S 284 UC-Z mallit ovat Z-laukaisukäyrällä varustettuja johdonsuojakatkaisijamalleja. Johdonsuojakatkaisijoiden Z-laukaisukäyrää käytetään puolijohteisten laitteiden ja asennuksien suojaamiseen (ABB 2006, 68). Aurinkopaneelimalliksi valittu Panasonicin HIT Power 240S:n toiminta perustuu yksikiteiseen piihin, joten puolijohteisena aurinkopaneelimallina Z-laukaisukäyrä on oikea valinta johdonsuojakatkaisijaan.

4.3.4 Käyttökytkin

Kunkin paneeliketjun kytkentäpaneeliin kytketään käyttökytkin, jolla aurinkopaneelit ja BluES CP-järjestelmä voidaan erottaa sähköisesti luotettavasti esimerkiksi huoltotöiden ajaksi. Käyttökytkimen on täytettävä samat sähköiset vaatimukset kuin aiempien aurinkopaneeliketjuun liitettävien komponenttienkin.

Potentiaalinen vaihtoehto käyttökytkimeksi olisi Schneider Electricin valmistama C60NA-DC (ks. Kuvio 15). Malli on suunniteltu aurinkosähkökäyttöön ja se voidaan

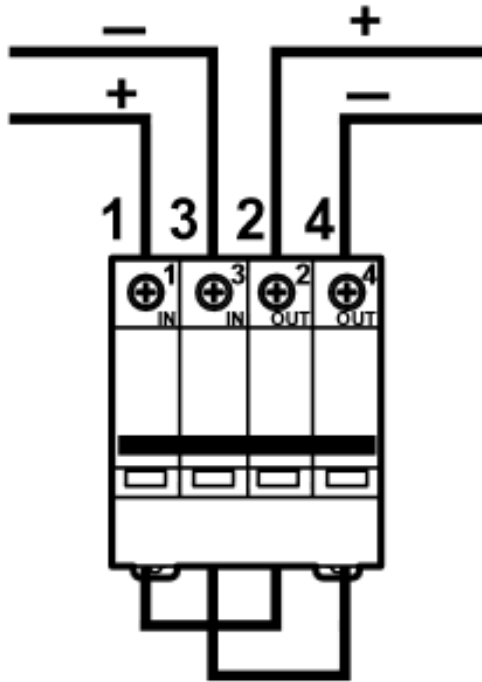
lukita auki-asentoon huoltotöiden ajaksi. Kytkimen nimellisjännite on 650 VDC jolloin virtakestoisuus on 20 A, joten näiltä osin sähköiset vaatimukset täyttyvät reilusti.



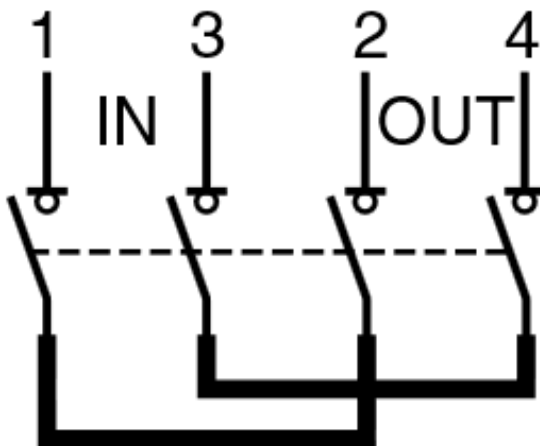
Kuvio 15. C60NA-DC käyttökytkin

Käyttökytkin kytketään kuvioiden 16 ja 17 osoittamalla tavalla. Kytkinmalli ei ole herkkä polariteetin muutokselle, joten plus- ja miinusjohtimet voivat vaihtaa keskenään paikkaa ilman vaikutusta käyttökytkimen toimintaan. Käyttökytkin on DIN-kiskoon asennettava ja siihen on saatavissa lisävarusteena apukoskettimia, mikäli käyttökytkimen tilatieto halutaan viedä I/O-moduulille (Schneider Electric 2012, 1-4).

Liitteessä 3 on esitetty käyttökytkimen kytkentä kuvioista 16 ja 17 hieman poiketen, jotta mahdollisen toisen valmistajan tuotteen hyödyntäminen ja sen erityyppiset kytkentätavat eivät vaikuta liitteeseen 3.



Kuvio 16. C60NA-DC käyttökytkimen kytkentä



Kuvio 17. C60NA-DC käyttökytkimen koskettimet

4.3.5 Ylijännitesuoja

Ylijännitesuoja (=SPD, Surge Protection Device) on laite, jolla suojataan sähköisiä laitteita ja asennuksia liian suurilta jännitteiltä. Ylijännitesuoja "tarkkailee" plus- ja miinusjohtimen välistä jännite-eroa, ja sen kasvaessa liian suureksi ohjaa se sähkövirran siihen liitetyn maadoitusjohtimen kautta maapotentiaaliin. Liitteessä kolme on esitetty SPD-laite kunkin aurinkopaneeliketjun kytkentäpaneelissa.

Tässä käyttötarkoituksessa ylijännitesuojalla suojaudutaan ukkosen aiheuttamiin ylijännitteisiin. Koska järjestelmäkokonaisuus ei ole yhteydessä yleiseen sähköverkkoon, sitä kautta tulevia häiriöitä vastaan ei tarvitse varautua.

Potentiaalinen komponenttivalikoima asennuskokonaisuuteen olisi Schneider Electricin IPRD-DC 40r 600PV ylijännitesuoja (ks. Kuvio 18).

Kyseisessä mallissa on vaihdettava suojanalli, joka voidaan korvata samanlaisella silloin kun laite ylijännitteen sattuessa reagoi.

Ylijännitesuojalaitteen nimellisjännite on 600 V ja ylijänniteraja, johon laite reagoi ≤ 25 ns aikana, on 2,8 kV. Salaman aikana sähkökenttä nousee paikallisesti arvoon 400–500 kilovoltia/m (Ilmatieteen laitos n.d.), joten laitteen reagoitijännite on sopeutettava suojataksaan paneeleita ja järjestelmää salaman aiheuttamilta ylijännitteiltä (Schneider Electric 2014).



Kuvio 18. IPRD-DC 40r 600PV ylijännitesuoja

5. POHDINTA JA TULOKSET

Opinnäytetyötä aloittaessani haastavaa oli työn aihealueen rajaaminen sopivaksi. Aivan aluksi itselleni oli hieman epäselvää työltä halutut tarkat tulokset ja aiheet, mutta pian nämä kohdat sovittiin yrityksen kanssa, jolloin opinnäytetyö ja sen kulku rupesi selkeytymään itselleni.

Opinnäytetyön aikana opin paljon muun muassa aurinkopaneeleista ja tuotekehitystyöstä. Myös standardien, muiden alan käytäntöjen ja suositusten huomioiminen sekä noudattaminen olivat opettavaista. Työ ja sen käsittelemät aiheet olivat mielenkiintoisia, haastavia ja ennen kaikkea opettavia. Uskon että työstä uusiutuvan energian parissa on paljon hyötyä itselleni tulevaisuudessa ympäristöarvojen tärkeyden sekä niiden huomioimisen kasvaessa teollisuuden eri osa-alueilla.

Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, siten kuten ne työn alkaessa olivat rajattukin. Työssä saatiin selville standardien vaatimusten täyttävät ohjeistukset komponenteille ja toimenpiteiden suorittamiselle. Yrityksen mielestä opinnäytetyölle annetut tavoitteet saavutettiin.

Haastavinta työssä oli löytää sopivia komponentteja, jotka täyttävät niiltä vaaditut sähköiset arvot ja vaatimukset, koska BluES CP-järjestelmän käyttämät jännite- ja virta-arvot eivät ole tyypillisimpiä teollisuudessa ja kotitalouksissa käytettäviä arvoja. Valosähköisiä tehonsyöttöjärjestelmiä koskeva standardi SFS 6000-7-712 on myös toistaiseksi puutteellinen koskien järjestelmiä, jotka on tarkoitettu käytettävän ilman vaihtosähkömoduuleja. Tämä aiheutti lisähaasteita sopivien määräyksien löytämiseksi standardista, koska työssä käsitellyssä järjestelmäkokonaisuudessa hyödynnetään vain tasavirtaa (pois lukien AC-generaattorin käyttö epätavallisten olosuhteiden aikana).

Opinnäytetyön aikana sain yritykseltä hyvin tietoa ja tukea järjestelmän teknisiin yksityiskohtiin ja tuleviin rakenteellisiin muutoksiin liittyen.

Opinnäytetyössä saatuja tuloksia tullaan hyödyntämään työssä käsiteltävän energianhallintajärjestelmän prototyypin rakentamisen yhteydessä. Työn tuloksena löytyneitä komponentteja hankitaan prototyyppiä varten, jolloin komponenttien toimivuus järjestelmässä saadaan käytännössä todennettua.

Järjestelmän prototyyppiä tullaan testaamaan sille suunnitellussa käyttöympäristössä, jonka kautta hankittua tietoa ja käyttökokemusta hyödynnetään tuotteen jatkokehittämisessä. Myös komponenttien toimivuus suunnitellussa käyttöympäristössä saadaan näin todennettua.

Mikäli prototyypin testauksen yhteydessä komponentit todetaan toimiviksi ja sopiviksi järjestelmään, niitä tullaan käyttämään BluES CP:n sarjatuotannossa. Energianhallintajärjestelmän kaupallisessa mielessä ehdotetuille komponenteille tarvitaan 1-2 samat vaatimukset täyttävää vaihtoehtoista komponenttitoimittajaa, jotta komponentteja voidaan kilpailuttaa ja saavuttaa taloudellisesti kilpailukykyinen järjestelmäkokonaisuus. Työssä ilmenneet tekniset vaatimukset ovat perustana kaikille mahdollisille vaihtoehtoisille komponenttitoimittajille. Vaihtoehtoisia komponentteja saadaan ehdotuksina mahdollisilta komponenttitoimittajilta, joille on kuvailtu kunkin komponentin haluttu toiminta ja vaatimukset.

LÄHTEET

ABB. 2006. Tuoteluettelo. Pienjännitekojeet. Viitattu 11.4.2014.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/26b7051f45e4e9ccc125707300247ed9/\\$file/s200_1fi05_01.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/26b7051f45e4e9ccc125707300247ed9/$file/s200_1fi05_01.pdf)

ABB. 2012. Tuoteluettelo. Solar energy - Lightning and surge protective devices. Viitattu 14.4.2014.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/97106428ad07f870c1257a37002d175c/\\$file/solar%20energy_lightning%20and%20overvoltage%20protection_1txh%20000%20118%20b0202.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/97106428ad07f870c1257a37002d175c/$file/solar%20energy_lightning%20and%20overvoltage%20protection_1txh%20000%20118%20b0202.pdf)

Bender. 2013. Tuotelehti. RCMA423 Series. Viitattu 13.5.2014.

http://www.bender.org/documents/RCMA423_datasheet_NAE1042071.pdf

Blue Sky Energy. 2009. What is Maximum Power Point Tracking (MPPT) and How Does it Work? 1-2. Viitattu 2.4.2014.

http://www.blueskyenergyinc.com/uploads/pdf/BSE_What_is_MPPT.pdf

Green, M. A., Emery, K., Hishikawa Y., Warta, W., Dunlop, E. D. 2012. Solar cell efficiency tables (version 41). Taulukko 1, 2. Viitattu 18.3.2014.

Ilmatieteen laitos. N.d. Kotisivut. Perustietoa ukkosesta. Viitattu 30.4.2014.

<http://ilmatieteenlaitos.fi/perustietoa-ukkosesta>

Microgeneration Certification Scheme (MCS). 2013. Guide to the Installation of Photovoltaic Systems. Viitattu 12.3.2014.

<http://www.microgenerationcertification.org/images/PV%20Book%20ELECTRONIC.pdf>

Nexans. 2011. ENERGYFLEX ONE STRIPE™. Viitattu 26.3.2014.

http://www.nexans-fi.com/Corporate/2012/Flyer_GB_EnergyFlex_1STRIPE_EVdef_Bdef.pdf

Panasonic. 2013. General Installation Manual HIT Photovoltaic Module. 4-6. Viitattu 19.3.2014.

http://www.panasonic.com/business/pesna/includes/pdf/eco-construction-solution/HIT_Power_SA06_Series_Installation_Manual.pdf

Proxion Solutions Oy. 2014. Kotisivut. Viitattu 28.2.2014.

<http://www.proxionsolutions.com>

Salmela, O. 2014. Insinööri. Proxion Solutions. Haastattelu 28.2.2014.

Schneider Electric. 2008. TeSys contactors for utilisation categories DC-1 to DC-5. 1-4. Viitattu 3.4.2014.

http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=3350443&p_File_Name=24560-EN-%28web%29.pdf

Schneider Electric. 2012. Tuoteluettelo. DC main switch for photovoltaic installations. Viitattu 16.4.2014.

<http://www.kvc.com.my/EnterpriseChannel/SharedResources/Datasheet/10009629/?ProductId=1000050922&Filename=>

Schneider Electric. 2014. Tuotelehti. A9L16434. Viitattu 30.4.2014.

<http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/1600-din-rail-modular-devices/80030-acti-9-devices-for-dc-circuits-direct-current/61710-iprd-dc-pv/>

SFS 600. 2012. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2. p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 13.3.2014.

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry STEK. 2009. Vikavirtasuoja. Viitattu 21.3.2014.

http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/vikavirtasuoja/

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry STEK. 2009. Johdonsuojakatkaisija. Viitattu 11.4.2014.

http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/johdonsuojakatkaisija/

LIITTEET

Liite 1. BluES CP-18 tekniset tiedot



Advanced Energy Reserve

Technica data for BluES CP-18

Energy reserve	18 kWh
Capacity	360Ah
Cabin size	80x60x190cm
Weight	400kg

Input

Input voltage range	150-300VAC Nominal 185-275VAC
Frequency	45-66Hz
Input current range	0...30 A
Terminal type	Screw terminal

Output

Output voltage range	46...56 VDC
Output current range	0...115 A
Terminal type	Screw terminal

Interfaces

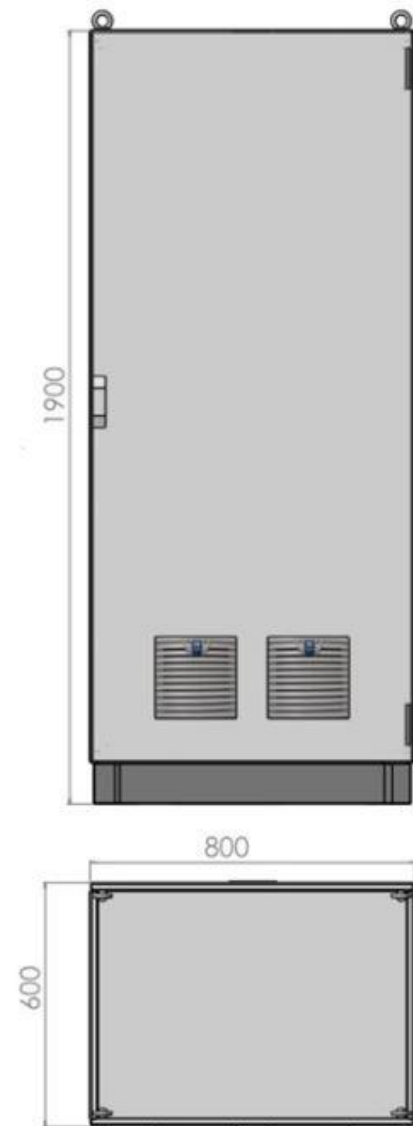
Communications	Ethernet TCP
Signalling	Potential free contacts
Alarms	External/RS232
Remote monitoring	Isolated RS232

Ambient

Operating temperature	0°C - 45°C
Charge temperature	0°C - 45°C
Storage temperature	-30°C - 45°C
Relative humidity	95%, no condensation allowed
Installation altitude	3000 m
Environment category	Indoor/Outdoor

Safety/protection

IP class	IP55
Overload behavior	Thermal relay protection
Over temperature behavior	Automation controlled fans



Liite 2. Tasasuuntaajan tekniset tiedot

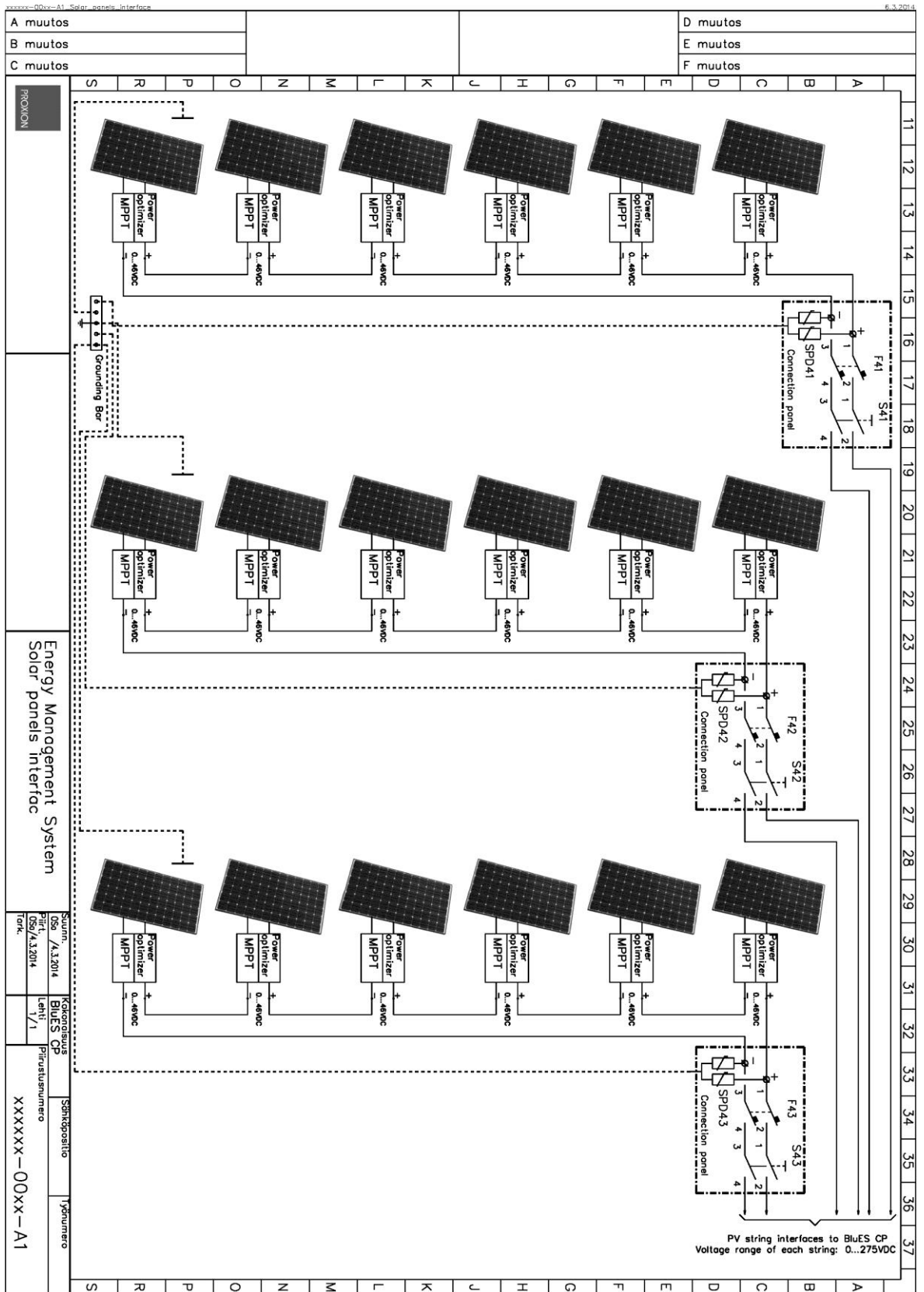
FLATPACK 2 48V HE RECTIFIERS

2000W HE & 3000W HE

Model	48V/2000W HE	48V/3000W HE
Part number	241115.105	241119.105
INPUT DATA		
Voltage (nominal)	185 - 275 V _{AC} / 185 - 275 V _{DC}	176 - 277
Voltage (range)	85 - 300 V _{AC} / 140 - 275 V _{DC}	85 - 305 V _{AC}
Frequency	45 - 66 Hz / 0 Hz	45 - 66 Hz
Current (maximum) @ II load	11.6 A _{RMS}	19.2 A _{RMS}
Protection	Fuse in both lines Varistor for transient protection Disconnect above 300 V _{AC/DC}	Fuse in both lines Varistor for transient protection Disconnect above 305 V _{AC}
OUTPUT DATA		
Voltage (default)	53.5 V _{DC}	
Voltage (adjustable range)	43.5 - 57.6 V _{DC}	
Power (maximum)	2000	3000 W
Power @ 85 V _{AC}	750	1380 W
Current (maximum) @ II load	41.7 A	62.5 A
Ripple, 30MHz bandwidth	< 100 mV _{pp}	< 150 mV _{pp}
Psophometric noise	< 2 mV _{RMS}	< 2 mV _{RMS}
Static Voltage regulation	±0.5% for 10 - 100% load	
Dynamic Voltage regula-	±5.0% for 10-90% or 90-10% load variation, regulation time < 50ms	
Protection	Fuse Short circuit proof High temperature protection Hot plug-in inrush current limiting	
OTHER SPECIFICATIONS		
Efficiency @ nominal input	Up to 96.5 %	Up to 96.2 %
Isolation	3.0 kV _{AC} - input to output 1.5 kV _{AC} - input to earth 500 V _{DC} - output to earth	
Alarms: Red LED 'on'	Low mains shutdown, High and low temperature shutdown, Rectifier Failure, Overvoltage shutdown on output, Fan failure, Low voltage alarm, CAN bus failure	
Warnings: Yellow LED 'on'	Rectifier in power de-rate mode, Remote battery current limit activated, Input voltage out of range, flashing at overvoltage	

Normal (module running): Green LED 'on'		
Acoustic noise, full load @ °C T _{ambient} = 25	< 20 dBA	< 40 dBA
full load @ °C T _{ambient} = 40	< 56 dBA	< 58 dBA
MTBF (Telcordia SR-332 Issue I method III (a))	>350 000 (@ T _{ambient} : 25 °C)	>300 000 (@ T _{ambient} : 25 °C)
Operating temperature	-40 to +75°C (-40 to +185°F), humidity 5 - 95% RH non-condensing	
Temperature de-rating above 45°C (110°F)	2000W to 1200W @ 75°C (167°F)	3000W to 2100W @ 75°C (167°F)
Storage temperature	-40 to +85°C (-40 to +185°F), humidity 0 - 99% RH non-condensing	
Dimensions[WxHxD]/ Weight	109 x 41.5 x 327mm (4.25 x 1.69 x 13") / 1.95 kg (4.3 lbs)	
DESIGN STANDARDS		
Electrical safety	UL 60950-1, EN 60950-1, CSA 22.2	
EMC	EN 61000-6-1/-2/-3/-4, EN 61000-3-2 ETSI EN 300 386 V.1.4.1, Telcordia NEBS GR1089 CORE	
Environment	ETSI EN 300 019: 2-1 (Class 1.2), 2-2 (Class 2.3) & 2-3 (Class 3.2) ETSI EN 300 132-2 Telcordia NEBS GR63 CORE Zone 4 ROHS compliant	

Liite 3. Alustava paneeliratkaisu



Liite 4. Panasonic aurinkopaneelin tekniset tiedot

HIT Power 240S

Electrical Specifications

Model	HIT Power 240S or VBHN240SA11
Rated Power (Pmax) ¹	240 W
Maximum Power Voltage (Vpm)	43.7 V
Maximum Power Current (Ipm)	5.51 A
Open Circuit Voltage (Voc)	52.4 V
Short Circuit Current (Isc)	5.85 A
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.30%/ °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.126 V/ °C
Temperature Coefficient (Isc)	1.76 mA/ °C
NOCT	118.9°F (48.3°C)
CEC PTC Rating	223.5 W
Cell Efficiency	21.6%
Module Efficiency	19.0%
Watts per Ft. ²	17.70 W
Maximum System Voltage	600 V
Series Fuse Rating	15 A
Warranted Tolerance (-/+)	-0% / +10%

Mechanical Specifications

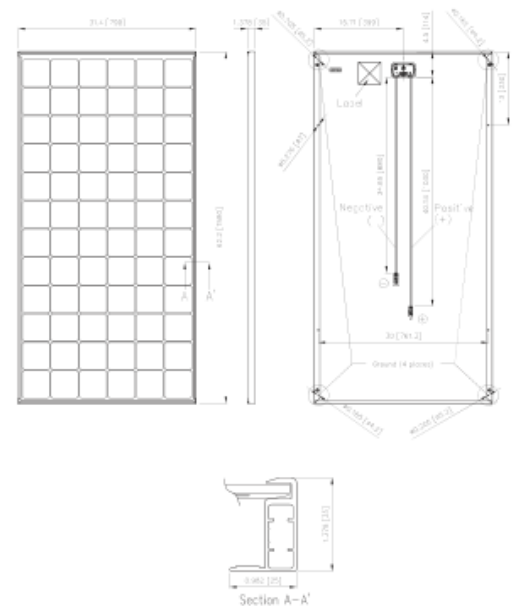
Internal Bypass Diodes	3 Bypass Diodes
Module Area	13.56 Ft ² (1.26m ²)
Weight	33.1 Lbs. (15kg)
Dimensions LxWxH	62.2x31.4x1.4 in. (1580x798x35 mm)
Cable Length +Male/-Female	40.55/34.64 in. (1030/880 mm)
Cable Size / Type	No. 12 AWG / PV Cable
Connector Type ²	Multi-Contact [®] Type IV (MC4 [™])
Static Wind / Snow Load	50 PSF (2.400 Pa)
Pallet Dimensions LxWxH	63.2x32x.65 in. (1607x815x1650 mm)
Quantity per Pallet / Pallet Weight	40 pcs./1388.9 Lbs (630 kg)
Quantity per 40' Container	560 pcs.
Quantity per 20' Container	280 pcs.

Operating Conditions & Safety Ratings

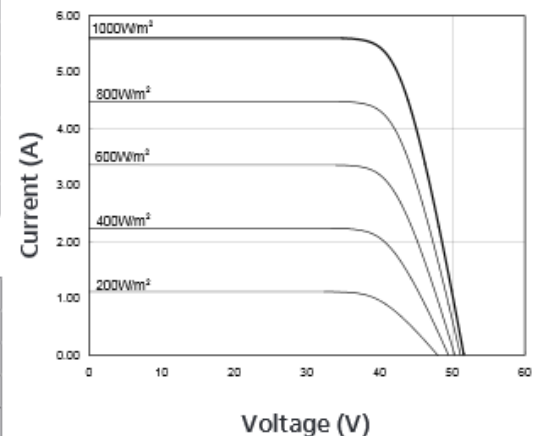
Ambient Operating Temperature ²	-4°F to 104°F (-20°C to 40°C)
Hail Safety Impact Velocity	1" hailstone (25mm) at 52 mph (23m/s)
Fire Safety Classification	Class C
Safety & Rating Certifications	UL 1703, cUL, CEC
Limited Warranty	10 Years Workmanship, 25 Years Power Output

¹ STC: Cell temp. 25°C, AM1.5, 1000W/m²
² Monthly average low and high of the installation site.
 Note: Specifications and information above may change without notice.
³ Safety locking clip (PV-SSH4) is not supplied with the module.

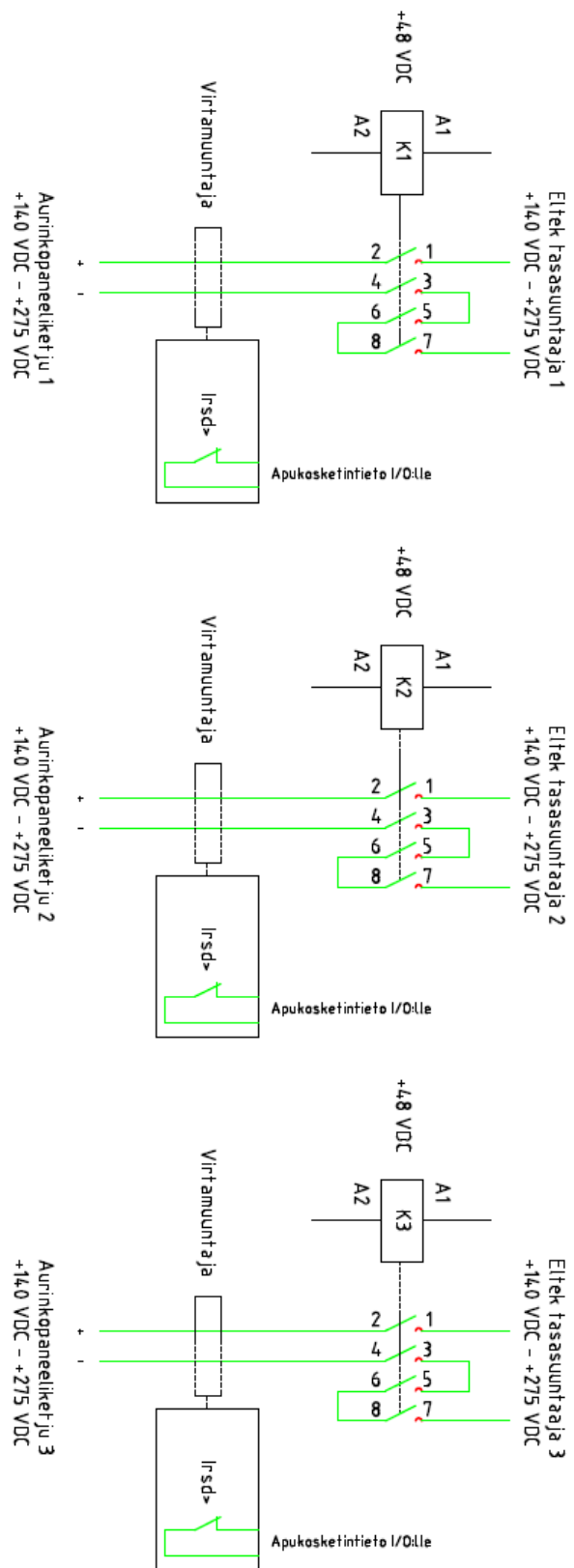
Dimensions and Weight



Dependence on Irradiance



Liite 5. Liitäntäpaneelin erotinlaitteiden kytkennät



Liite 6. LC1D40ED-kontaktorin tekniset tiedot



Main

Range	TeSys
Product name	TeSys D
Product or component type	Contacteur
Device short name	LC1D
Contacteur application	Resistive load
Utilisation category	AC-1
Poles description	4P
Power pole contact composition	4 NO
[Ue] rated operational voltage	<= 300 V DC for power circuit <= 690 V AC 25...400 Hz for power circuit
[Ie] rated operational current	40 A (<= 60 °C) at <= 440 V AC AC-1 for power circuit
Control circuit type	DC standard
Control circuit voltage	48 V DC
Auxiliary contact composition	1 NO + 1 NC
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to IEC 60947
Overvoltage category	III
[Ith] conventional free air thermal current	40 A at <= 60 °C for power circuit 10 A at <= 60 °C for signalling circuit
Irms rated making capacity	450 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947 250 A DC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1 140 A AC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Rated breaking capacity	450 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947

Complementary

Coil technology	Built-in bidirectional peak limiting diode suppressor
Control circuit voltage limits	0.7...1.25 Uc at 60 °C operational 0.1...0.25 Uc at 60 °C drop-out
Time constant	28 ms
Inrush power in W	5.4 W at 20 °C
Hold-in power consumption in W	5.4 W at 20 °C
Auxiliary contacts type	Type mirror contact (1 NC) conforming to IEC 60947-4-1 Type mechanically linked (1 NO + 1 NC) conforming to IEC 60947-5-1
Signalling circuit frequency	25...400 Hz
Minimum switching current	5 mA for signalling circuit
Minimum switching voltage	17 V for signalling circuit
Non-overlap time	1.5 ms on energisation (between NC and NO contact) 1.5 ms on de-energisation (between NC and NO contact)
Insulation resistance	> 10 MOhm for signalling circuit

Liite 7. RCMA423-vikavirtasuojan tekniset tiedot

Technical data

Insulation coordination acc. to IEC 60664-1 / IEC 60664-3

Rated insulation voltage	250 V
Rated impulse voltage / pollution degree	2.5 kV / III
Protective separation (reinforced insulation) between (A1, A2) – (k/I/T/-/GND/+ , T / R) – (11, 12, 14) – (21, 22, 24)	
Voltage test according to IEC 61010-1	2.21 kV

Supply voltage

RCMA423-D-1:	
Supply voltage U_s	AC 16...72 V / DC 9.6...94 V
AC Frequency Range U_s	42...460 Hz
Power consumption	≤ 6.5 VA

RCMA423-D-2:

Supply voltage U_s	AC/DC 70...300 V
AC Frequency Range U_s	42...460 Hz
Power consumption	≤ 6.5 VA

Measuring circuit

Compatible current transformers	W20AB, W35AB, W60AB, W120AB, W210AB
Rated insulation voltage (current transformer)	800 V
Operating characteristic acc. to IEC 60755	Type B
Rated frequency	0...2000 Hz
Measuring range	30 mA...3 A
Relative uncertainty for $f \leq 2$ Hz or ≥ 16 Hz	0...-35 %
Relative uncertainty for $f < 2$ Hz or < 16 Hz	-35...+100 %
Operating uncertainty	0...35 %

Response values

Rated ground fault operating current $I_{\Delta n1}$ (prewarning)	50...100 % of $I_{\Delta n2}$ (50 %)*
Rated ground fault operating current $I_{\Delta n2}$ (Alarm)	30 mA...3 A (30 mA)*
Hysteresis	10...25 % (15 %)*

Specified time

Starting delay t	0...10 s (0 s)*
Response delay t_{on2} (alarm)	0...10 s (0 s)*
Response delay t_{on1} (prewarning)	0...10 s (1 s)*
Delay on release t_{off}	0...99 s (1 s)*
Operating time t_{ae} at $I_{\Delta n} = 1 \times I_{\Delta n1} / 2$	≤ 180 ms
Operating time t_{ae} at $I_{\Delta n} = 5 \times I_{\Delta n1} / 2$	≤ 30 ms
Response time	$t_{an} = t_{ae} + t_{on1} / 2$
Recovery time t_b	≤ 300 ms

Displays, memory

Display range, measured value AC/DC	0...6 A
Relative percentage error	-17 %...+17 % / ± 2 digit
Measured-value memory for alarm value	data record measured values
Password	off / 0...999 (off)*
Latching behavior	ON / OFF (Latching / Non-latching)

Inputs / outputs

Cable length for external TEST / RESET button	0...32.8 ft (0...10 m)
---	------------------------

Cable lengths for measuring current transformers

WX... connector cable	See ordering information
Alternatively: Single wire 6 x AWG 20 (0.75 mm ²)	0...32.8 ft (0...10 m)

Switching elements

Number of switching elements	2 SPDT contacts
Operating principle	normally energized or normally de-energized(*)
Electrical endurance, number of cycles	10000 switching operations
Contact data acc. to IEC 60947-5-1	
Utilization category	AC-13 AC-14 DC-12 DC-12 DC-12
Rated operational voltage	230 V 230 V 24 V 110 V 220 V
Rated operational current	5 A 3 A 1 A 0,2 A 0,1 A
Minimum contact rating	1 mA at AC / DC ≥ 10 V

Environment / EMC

EMC	IEC 62020
Operating temperature	-25 °C...+55 °C
Climatic class acc. to IEC 60721	
Stationary use (IEC 60721-3-3)	3K5 (except condensation and formation of ice)
Transport (IEC 60721-3-2)	2K3 (except condensation and formation of ice)
Storage (IEC 60721-3-1)	1K4 (except condensation and formation of ice)
Classification of mechanical conditions IEC 60721	
Stationary use (IEC 60721-3-3)	3M4
Transport (IEC 60721-3-2)	2M2
Storage (IEC 60721-3-1)	1M3

Connection

Connection	screw terminals
rigid / flexible	AWG 24...12 / 24...14
Multi-conductor connection (2 conductors with the same cross section)	
rigid / flexible	AWG 24...14 / 24...14
Stripping length	8...9 mm
Tightening torque	0.5...0.6 Nm

Other

Operating mode	continuous operation
Position of normal use	display-oriented
Degree of protection, internal components / terminal (IEC 60529)	IP30 / IP20 (NEMA 1)
Enclosure material	polycarbonate
Flammability class	UL94V-0
DIN rail mounting acc. to	IEC 60715
Screw mounting	2 x M4 with mounting clip
Standards	IEC 62020
Firmware version	D330 V1.0x
Operating manual	TGH1442
Weight	≤ 150 g

() * Factory setting

Liite 8. Suojajohtimien minimipoikkipinnat

Äärijohtimen poikkipinta S mm ² kuparia	Vastaavan suojajohtimen minimipoikkipinta mm ² kuparia	
	Suojajohdin on samaa materiaalia kuin äärijohtin	Suojajohdin on eri materiaalia kuin äärijohtin
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}^a$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
<p>jossa</p> <p>k_1 on äärijohtimen materiaalista ja eristyksestä riippuva kertoimen k arvo, joka on esitetty taulukossa A.54.1 tai SFS 6000-4-43 taulukoissa</p> <p>k_2 on kertoimen k arvo, joka on esitetty taulukoissa A.54.2...A.54.6.</p>		
<p>^a PEN-johtimen poikkipinnan pienentäminen on sallittu vain noudattamalla nollajohtimen mitoituksen sääntöjä (ks. SFS 6000-5-52).</p>		