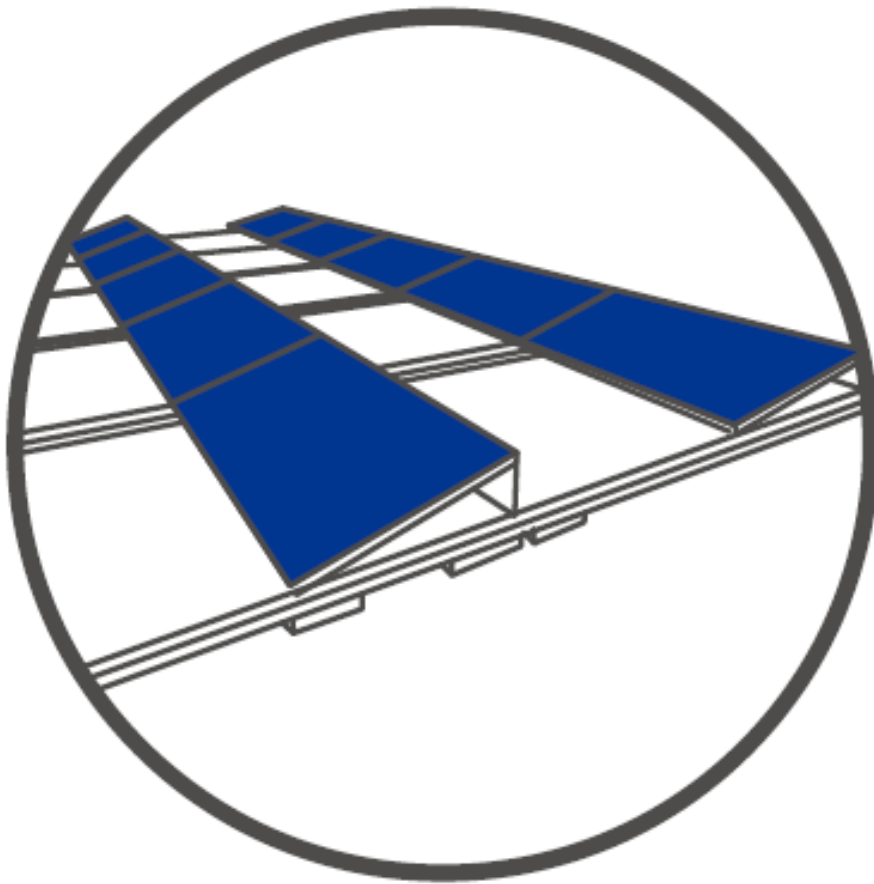




Aurinkosähkö osana energiamurrosta PV-voimalan suunnittelijan opas suunnittelu – toteutus - ylläpito



10€
jamk.fi

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

paperikopion
tulostus ja sidonta

Photovoltaics



Energiategollisuus

SESKO

jamk.fi

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

NAPS


ELENA

JYVÄSKYLÄN
ENERGIA
—YHTIÖT—

ABB

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
2. Sähköturvallisuus	3
2.1. Voimalaitoksen liittäminen sähköverkkoon	3
2.2. Verkkokoodit - Grid codes	4
2.3. Saarekekäytön esto anti-islanding - turvakytin	4
2.4. Aurinkosähkö ja SFS6000	5
2.5. PV-järjestelmän toiminta erikoistilanteissa	5
3. Perusperiaatteet	6
3.1 Aurinkosähköjärjestelmän rakenne	6
3.2 Huomioitavaa ennen suunnittelun aloittamista	6
3.3 Asennustavat	8
4. Suunnittelijan opas	13
4.1 PV-järjestelmän mitoituksessa huomioitavaa	13
4.2 PV-voimalan suunnittelijan muistilista	14
4.3 Pientalon aurinkosähkövoimala	15
4.4 Katolle asennetut aurinkosähkövoimalaitokset	16
4.5 Isot PV-voimalaitokset	17
4.6 Aurinkosähköprojektin vaiheet	18
5. Yhteenveto	19
6. Lisätietoa	21
7. Tarkastuspöytäkirja	22
8. Usein esitetyt kysymykset	23
9. PV-voimalaitoksen käyttäjän opas	25
10. Liitteet	32

Aurinkosähkö osana energiamurrosta – PV-voimalan suunnittelijan opas pyrkii esittelemään ne keskeiset osa-alueet, jotka liittyvät aurinkosähkövoimalan suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon. PV on yleisesti käytössä oleva lyhenne aurinkosähkölle (Photovoltaics). Tämän PV oppaan toteutuksessa ovat olleet mukana Energiategollisuus, SESKO, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu, NAPS Solar Systems Oy, Elenia Oy, JE-siirto Oy ja ABB Oy. Toteutukseen osallistuneet toimijat ovat oppaan ensisijainen jakelukanava sen sähköisessä muodossa. Lainattaessa oppaan tekstiä tai grafiikkaa, lähde on mainittava.

PV opas on tarkoitettu suunnittelijoille, PV-voimalaitoksen rakentamista / hankintaa suunnitteleville ja aurinkosähköjärjestelmiä toimittaville/asentaville yrityksille - tarjoamaan tiivistetyssä muodossa olevaa tietoa. PV-voimalan suunnittelijan opas soveltuu myös täydentäväksi oppimateriaaliksi aurinkosähkön osalta eri oppilaitoksiin.

Dokumentin valmistelussa mukana olleet toimijat ovat pyrkineet koostamaan mahdollisimman ajan tasalla olevaa tietoa tiivistetyssä muodossa. Aurinkosähkön toimintaympäristö on jatkuvassa muutoksessa. Tulee muistaa että jokaisessa projektissa on omat erityispiirteensä joten järjestelmätason vastuu on aina projektin toteuttavalla osapuolella sekä aurinkosähkövoimalan omistajalla.

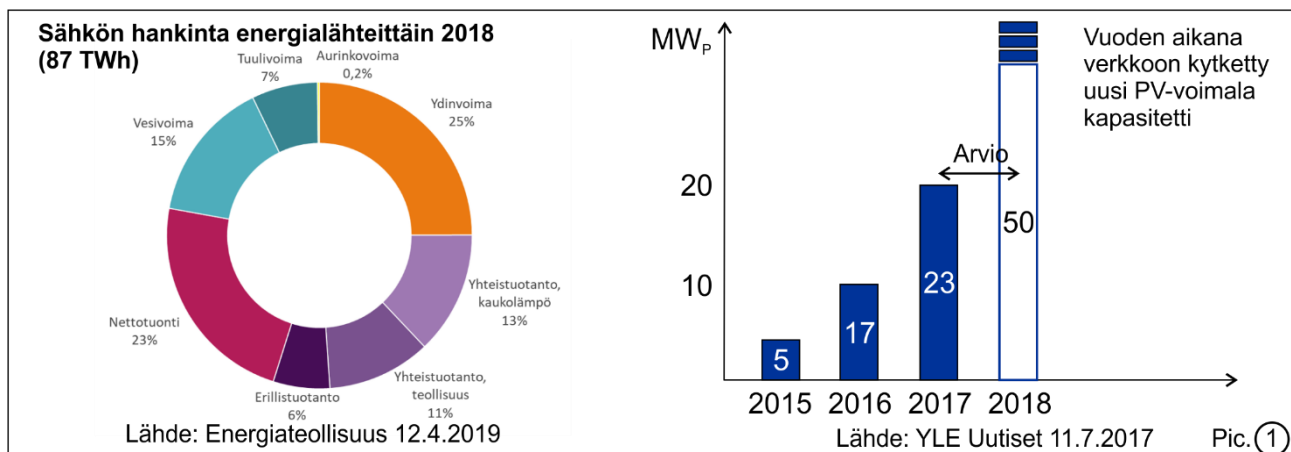
Näistä syistä johtuen tätä dokumenttia ei voi käyttää yksinomaaisena lähdemateriaalina missään aurinkosähkövoimala-projektissa. Dokumentin laatijat/julkaisijat eivät takaa dokumentin sisältämien yksityiskohtien oikeellisuutta eivätkä vastaa mistään ratkaisuista tai valinnoista, joita dokumentin lukeneet tahot dokumentin perusteella mahdollisesti tekevät. Dokumentin laatijat/julkaisijat eivät myöskään vastaa mistään välittömistä tai välillisistä vahingoista, joita dokumentin sisältämän informaation käytöstä mahdollisesti aiheutuu.

1. Johdanto

Aurinkosähkön osuus sähköntuotannosta on voimakkaassa kasvussa globaalilla asteikolla. Fraunhofer ISE:n arvion mukaan asennettu kapasiteetti kasvoi vuoden 2016 loppuun mennessä noin 320 GWp:iin, tarkoittaen tilastollisesti noin 1,3 %:n osuutta globaalista sähkönkulutuksesta. Aurinkoenergian hyödyntämisessä trendeinä globaalilla skaalalla on ollut; tavoitteena pudottaa fossiilisten polttoaineiden määrää voimantuotannossa rakentamalla rinnalle aurinkosähkön tuotantoa, PV -projektien koot ovat olleet kasvussa muutaman Megawatin voimaloista kymmeneen Megawattiin, heikkojen sähköverkkojen alueilla uutena vaatimuksena on ollut esim. 10 % energiavarastoja (50 MW_{PEAK} → 5 MW, 2,5 MWh), PV -paneelien ja -voimaloiden DC-jännitteen maksimiarvo on noussut 1000 V → 1500 V, mikä tuo mukanaan kustannustehokkuutta. Myös PV -paneelien hintaeroosio on ollut tasaantumassa. Osa näistä trendeistä on vaikuttanut suoraan myös Suomeen. Lisäksi kansallisella tasolla trendeinä ovat olleet tasakatoille asennettavat kelluvat paneelitelinet, loivassa asennuskulmassa (15-20 astetta) toteutetut paneelikentät ja PPA (Power Purchase Agreement) sopimusten lisääntyminen PV-järjestelmien toimituksissa.

Aurinkosähkön osuus sähköntuotannossa on Suomessa ollut marginaalinen. Suurimpana esteenä tuotantomuodon yleistymiselle on ollut vallitsevan poliittisen järjestelmän harjoittama ja vaikeasti ennustettavissa oleva energiapolitiikka, jossa on suoraan tai epäsuoraan pyritty tukemaan erityyppisiä korkean kotimaisuusasteen primäärienergiälähteitä, joiden raaka-aineet tulevat maa- ja metsätiloilla kasvavasta biomassasta. Toinen iso haaste on ollut markkinasähkön hintakehitys, jonka ansioista perinteinen voimantuotanto on ollut hetkittäin kannattamatonta. Kolmas kansallinen rajoittava tekijä on sähköverovelvollisuus, joka on tehokkaasti, mutta täysin keinotekoisesti, rajoittanut aurinkovoimaloiden mitoituksen alle 1 MWp - tasolle. Pientä energiapolitiikka korjausliikettä on kuitenkin tapahtunut kansallisen syöttötariffin osalta, mutta syöttötariffi (FIT, Feed In Tariff) ei toistaiseksi ole ollut aurinkosähkölle käytössä. Aurinkosähkövoimaloille on ollut vuosittain varattuna kansallinen investointituki, sekä pientuotannolle kotitalousvähennys. Voidaan yleisesti todeta, että toimintaympäristössä on edelleen kehitettävää.

Suomessa sähköntuotantomuodoista suurin osa on jo nykyisinkin vähäpäästöistä. Kansainvälisten ympäristösopimusten velvoittama tuontipolttoaineiden osuus tulee tulevaisuudessa pieneneväksi primäärienergiälähteenä. Samalla osa voimalakapasiteetista poistuu energiajärjestelmästä, koska niiden päivittäminen esimerkiksi savukaasujen osalta ei kannata ja usein voimalaitoksen kattila ei sovellu nykyisten tarpeiden mukaisesti monimuotoisille polttoaineille. Toisaalta sähkön toimitusvarmuuden (maakaapeloinnit) parantaminen on nostanut ja nostaa jatkossakin siirtomaksuja, mikä lisää kiinnostusta omaan tuotantoon. Nämä, sekä lista muita muutoksia toimintaympäristössä saavat aikaan energiamurroksen.



Aurinkosähkön osuus Suomessa oli vuoden 2018 diagrammissa vielä marginaalinen, vaikka vuosittainen kasvu on ollut vuodesta 2015 alkaen nopeaa.

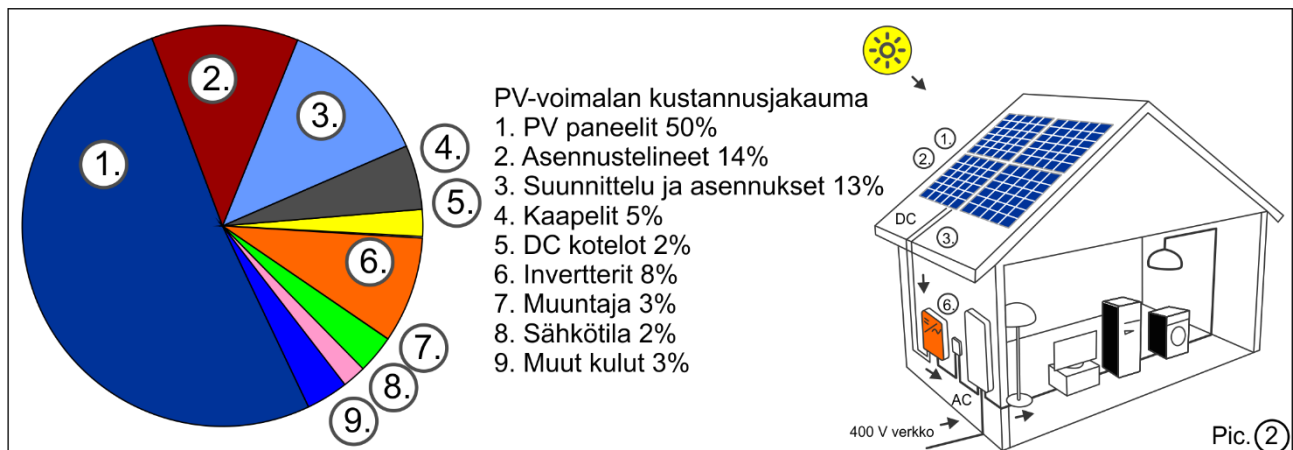
Aurinkosähkövoimaloiden rakentaminen Suomessa lähti nousuun vuoden 2015 sähköveropäätöksen myötä. Verkkoon kytkettyjen voimaloiden vuosittainen asennettu kapasiteetti on kaksinkertaistanut - vuonna 2016 uutta kapasiteettia asennettiin noin 10 MWp ja vuonna 2017 se ylittää 20 MWp, jolloin kumulatiivisesti laskettuna Suomen kokonaiskapasiteetti ylittää 40 MWp vuoden 2017 lopulla.

Mihin tarpeeseen tämä opas on toteutettu?

Nopea kasvu ja positiivinen julkisuus ovat tuoneet alalle uusia toimijoita, mikä on luonnollisesti lisännyt kilpailua. Aurinkovoimaloiden toimittajia on erilaisilla toimitusrajoilla: energiayhtiöitä (Utility), kehitysyhtiöitä (Developers), EPC-projektitoimittajia (Engineering, Procurement and Construction), sähköasennusyrityksiä, sekä sähkötarviketukkuja. Kun lukumäärän lisäksi myös aurinkosähkövoimaloiden koot ovat olleet kasvussa ja suunnittelukokemus on joillakin toimijoilla ollut vähäistä, on PV-järjestelmien toimitusten laadussa ollut parannettavaa.

Perinteisillä aurinkosähköpaneeliketjuilla ja inverttereillä (vaihtosuuntaaja) toteutetuista PV-järjestelmistä, niiden toiminnasta ja kestävyyydestä on käytettävissä paljon tietoa, koska niiden toimituksia on globaalisti ja Suomessakin tehty jo 1980-luvun alusta lähtien. Joillakin toimijoilla on käytössä voimakkaita argumentteja esimerkiksi paneelikohtaisten invertterien ylivoimaisuudesta. Usein ylivoimaisuutta kuvaavat lupaukset paremmasta turvallisuudesta ja hyötysuhteesta eivät käytännössä välttämättä toteudu. Lisäksi vaativissa ilmasto-olosuhteissa ulos asennettujen komponenttien ja materiaalien kestävyys on haaste.

Erityisesti aurinkosähköpaneeli valmistajia on markkinoilla lukuisia, ja PV-paneelien kehitys etenee kohti suurempitehoisia ja pinta-alaltaan isompia paneeleja. Vuosittain markkinoille tulee uusia paneelitoimittajia ja samalla vanhoja poistuu, joten hetimitäin PV-paneeleita voi olla ns. poistomyynnissä eli erä voi olla SPOT-hinnoiteltu, mikä tuo mukanaan myös riskin, että samaa paneelia ei toimituksen jälkeen ole enää saatavilla.



Aurinkosähkövoimalan kustannuksista noin puolet syntyy PV-paneeleista, osuudet vaihtelevat projekteittain esimerkiksi kattotyypin mukaan.

Investointina PV-järjestelmien kokonaishinta ilman ALV:tä on ollut pienissä järjestelmissä noin 2€/W, vaihdellen kohteen ominaispiirteiden mukaan. Isoissa PV-voimaloissa kokonaistoimitushinta on liikkunut 0.8 – 1 €/W tasolla. Käytännössä 1 MWp aurinkosähkövoimalan hinta on siis noin 1 M€.

Tämän oppaan tavoitteena on kerrata peruseriaatteita ja jakaa uusinta tietoa järjestelmien suunnittelijoille, sekä vaikuttaa sähköturvallisuuteen ja edelleen PV-järjestelmien laatuun tulevaisuudessa.

2. Sähköturvallisuus

Aihe on nostettu alkuun, koska PV-järjestelmä on yksi hajautetun energiatuotannon elementeistä ja se poikkeaa luonteeltaan lähes kaikista sähköverkkoon liitettävistä kokonaisuuksista. PV-järjestelmä on sähköntuotantoyksikkö, jonka luonteenpiirteenä on tuotannon suora riippuvuussuhde auringon säteilyn määrästä. Tässä oppaassa käsitellään yksinomaan sähköverkkoon liitettäviä aurinkosähkövoimaloita. Sähköturvallisuus alkaa oikein suunnitellusta järjestelmästä, jossa on alusta alkaen huomioitu liityntäpisteen ja kohteen sisäisen, niin sanotun mikroverkon ominaispiirteet, sekä laitetaso oikeaoppinen mitoitus ja käyttö.

2.1. Voimalaitoksen liittäminen sähköverkkoon

Kun PV-järjestelmää suunnitellaan, tulee ensin selvittää, minkä sähköverkkoyhtiön verkkoon aurinkosähkögeneraattori kytketään, sekä tutustua kyseisen sähköverkkoyhtiön web-sivustolta tai energiateollisuus.fi sivustolta löytyvään tietoon ja suunnitteluohjeisiin. Lähtökohtaisesti aurinkosähköjärjestelmän liittäminen kulutuspisteen keskukseen on luvanvaraista ja sallittu ainoastaan S1 tai S2 -pätevyyden omaaville sähköalan ammattilaisille. Generaattorin liittämisestä on aina tehtävä kirjallinen ilmoitus verkkoyhtiölle ja järjestelmän saa kytkeä verkkoon vasta hyväksytyn päätöksen jälkeen. Verkkoyhtiöt suosittelevat esimerkiksi Sähköinfo Oy:n aurinkosähköasentaja -kurssin suorittamista ennen urakoinnin aloitusta.

Kriittinen täsmennys!

Yksi keskeinen mitoitukseen vaikuttava tekijä, eli oikosulkuvirta, on PV-järjestelmien asennusmäärien kasvun myötä yllättävän usein unohtunut. Erityisesti pienten PV-järjestelmien osalta tulee huomioida, että esimerkiksi 3 X 25 A sähköliittymän oikosulkuvirta on pääsääntöisesti vähintään 250 A, joten käytännössä turvallinen järjestelmätason maksimiteho P_{MAX} on 6.9 kW AC tehoa. Keskeisiä tekijöitä kohteen tehorajan osalta ovat sähköliittymän syöttökaapelin poikkipinta-ala ja lähin jakelumuuntaja (etäisyys ja teho), jotka eivät mahdollisesti mitoitukseltaan riitä vaikka kohteen kattorakenteisiin tai kenttätelineisiin olisi mahdollista rakentaa suurempikin PV-järjestelmä. Verkkoyhtiöt suosittelevat yhteydenottoa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa PV-järjestelmän teknisen soveltuvuuden (P_{MAX}) varmistamiseksi ko. kohteeseen. Tämä on tärkeää erityisesti, mikäli kohde sijaitsee sähköverkon latvoilla kuten haja-asutusalueilla. Alla mainitut tehot ovat tyypillisesti liitettävissä ilman verkon vahvistusta. Kuitenkin kaikkien yli 6.9 kW laitteistojen liitettävyyttä tarkastellaan tapauskohtaisesti esimerkiksi Elenia Oy:ssä. Eri verkkoyhtiöillä on erilaisia tulkintoja ja toimintatapoja liitettävyyden suhteen. On syytä painottaa, että tässä mainitut tehot ovat suuntaa-antavia eivätkä millään tapaa määritteleviä virallisia rajoja liitettävyydelle.

Liittymän päävaroke	PV-järjestelmän maksimiteho (AC)
3 x 25 A	6.9 kW
3 x 35 A	8.6 kW
3 x 50 A	8.6 kW
3 x 63 A	8.6 kW
3 x 80 A	12.4kW
3 x 100 A	15.5 kW
3 x 125 A	24.7 kW
3 x 160 A	32.8 kW
3 x 200 A	43.1 kW

Liittymän päävaroke vaikuttaa PV-järjestelmän maksimi AC teho suositukseen.

2.2. Verkkokoodit - Grid codes

Verkkokoodi on pieni, mutta tärkeä yksityiskohta, joka tulee huomioida jo suunnittelun alkuvaiheessa ja merkitä sekä sähköpiirustuksiin että käyttö- ja asennusohjeisiin. Verkkokoodi - Grid code – on kokoelma useita eri parametreja, joiden mukaan määritellään milloin PV-järjestelmä saa kytkeytyä sähköverkkoon. Energiateollisuus ry:n verkkosivuilla on suosituksia, ohjeita ja lomakkeita sähkönpientuotantolaitosten sähköverkkoon liittämiseen:

- MIKROTUOTANTOLAITTEISTON LIITTÄMINEN VERKKOON (yleistietolomake) (09.09.2016)
- SÄHKÖNTUOTANTOLAITOKSEN LIITTÄMINEN JAKELUVERKKOON (27.04.2016)
 - LIITE 1 NIMELLISTEHOLTAAN ENINTÄÄN 100 KVA LAITOKSEN LIITTÄMINEN (27.04.2016)
 - LIITE 2 NIMELLISTEHOLTAAN YLI 100 KVA LAITOKSEN LIITTÄMINEN (27.04.2016)
- MIKROTUOTANNON LIITTÄMINEN SÄHKÖNJAKELUVERKKOON, YA9:13 (27.04.2016)

Verkkokoodi valitaan invertteristä käyttöohjeen mukaisesti ja asetetaan SFS-EN 50438:2015 mukaisesti (käytännössä kuten VDE AR N 4105) tai vastaamaan sähköverkkoyhtiön määrittelemää asetusta (ks. **Liite 1**). Pienissä inverttereissä verkkokoodi tulee asettaa 24 tunnin laitteen käyttöönotosta. Joissakin inverttereissä verkkokoodin asetus tapahtuu kannettavalla päätelaitteella tai LCD-näytön kautta valikosta, toisissa asetukset voidaan tehdä valintakiekoilla. Isoissa keskusinvertterissä verkkokoodi ohjelmoidaan käyttöönoton yhteydessä asettamalla parametriarvot verkkoyhtiön vaatimusten mukaisesti. Verkkokoodissa on määritelty ohjearvot esimerkiksi verkon taajuudelle ja jännitteelle, sekä minkä aikajakson jälkeen tahdistuminen verkkoon on sallittua. Käytännössä invertterin tuotannon alkaessa, aamuauringon säteilymäärän nostaessa paneeliketjun jännitteen (V_{START}) V_{DCMIN} -arvon asetetulle tasolle, invertteri seuraa sähköverkon arvoja verkkokoodissa määritetyn aikajakson ajan ja mikäli arvot ovat asetettujen raja-arvojen sisällä, invertteri tahdistuu sähköverkkoon ja alkaa tuottamaan verkkoon sähkövirtaa. Lisäksi tulee huomioida, että verkkokoodin mukaan toimiva invertteri ei ilmoita virhekoodia LCD-näyttöön tai ledi-indikaattoriin tilanteissa, joissa invertteri odottaa asetetun aikarajan puitteissa sähköverkon arvojen asettumista.

PV-järjestelmän käyttöönotossa tulee verkkokoodin lisäksi huomioida, että joidenkin invertterien käyttöönotto edellyttää DC-puolen jännitteen läsnäoloa, joten käyttöönottoa ei voida tehdä vähäisen auringon säteilyn aikana. Vaihtoehtoisesti DC-jännite voidaan tuottaa erillisellä DC-jännitelähteellä.

2.3. Saarekekäytön esto anti-islanding - turvakytin

Sähköverkkoon kytketyissä aurinkoinverttereissä on ehdottomasti oltava saarekekäytön esto käytössä. Invertteri ei näin ollen voi toimia ilman sähköverkon referenssitaajuutta ja -jännitettä, vaikka auringon säteily olisi tuotannon kannalta riittävällä tasolla. Jos invertterin saarekekäytön esto ei ole käytössä, olisi sähkönjakelun keskeytyessä (sähkökatko) mahdollista, että invertteri pyrkisi syöttämään kuormalle virtaa kunnes jännite ja taajuus eivät olisi enää sallituissa rajoissa. Sähköverkon ylläpitotoiminnan kannalta saarekekäytön esto on keskeinen osa työturvallisuutta. Sähköverkon erikoistilanteissa, kuten sähkönjakelun keskeytys (LOM - Loss Of Mains), esimerkiksi kauppakeskuksen varavoimakoneen (generaattori) teho ja taajuus/jännite ei lähtösääntöisesti ole verkkokoodin mukainen, joten on mahdollista, että PV-järjestelmä ei tahdistu varavoimakoneen tuottamaan saarekeverkkoon. Järjestelmää suunniteltaessa tuleekin tarvittaessa selvittää, voidaanko PV-järjestelmän invertterin asetuksia muuttaa erikoistilanteen mukaisesti ja millaisen automaatiojärjestelmän erikoistilanteet vaativat.

Vaikka saareketoiminnon esto sekä verkkokoodi estävät PV-järjestelmän kytkeytymisen verkkoon, kun sähkönjakelu on keskeytyneenä, Suomen sähköverkkoyhtiöt edellyttävät lisäksi turvakytkimen (lukittavissa oleva malli) käyttöä ala-/ryhmä-/pääkeskuksen ja invertterin välille lukitsemattomaan tilaan asennettuna. Tällä halutaan varmistaa, ettei sähköverkon ylläpitohenkilöstölle aiheudu missään tilanteessa vaaraa.

2.4. Aurinkosähkö ja SFS6000

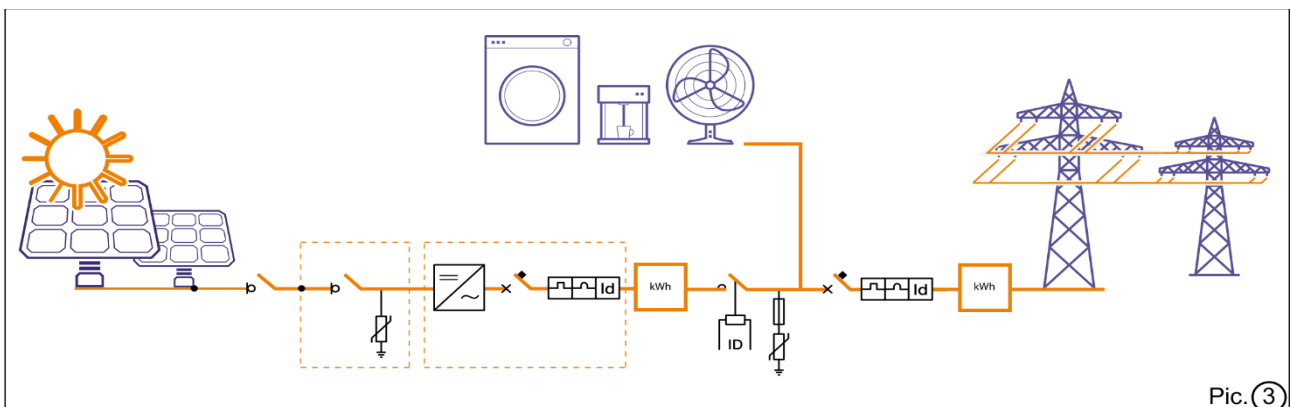
Sähköasennusstandardin uusimmissa versioissa otetaan kantaa aurinkosähkön osalta usealla osa-alueella. SFS6000 myötä PV-järjestelmän omistajan vastuulla on ylläpitää esimerkiksi kiinteistön sähköjärjestelmää ja päivittää sitä vaatimusten mukaiseksi. Vastuullinen PV-järjestelmän suunnittelija sekä PV-järjestelmän kokonaistoimittaja ovat velvollisia seuraamaan muutoksia ja huomioimaan ne toimitusprojekteissa.

Invertterien yhteydessä voidaan käyttää vikavirtasuojauksa, mutta on mahdollista, ettei PV-järjestelmä toimi suunnitellulla tavalla, joten vikavirtasuojauksen taso tulee ollakin henkisuojauksen sijaan esimerkiksi palosuojauksen 300 mA tasolla. Käytännössä pienemmän vikavirtasuojan käyttö voi estää invertterin toiminnan ja toisaalta järjestelmä on luonteeltaan kiinteä asennus ja toimii generaattorina, eikä kuormana.

Vaihtosähköpuolen mitoittamiseen pienemmissä järjestelmissä on otettu kantaa sivun 3 taulukossa. Toisaalta SFS 6000-7-712:2017 todetaan (712.433.104 Aurinkosähköpaneeliston vaihtosähkösyöttökaapelin suojaus), että määrittäessä vaihtosähkösyöttökaapelin ylivirtasuojan mitoitusvirtaa, on huomioitava vaihtosuuntaajan (valmistajan ilmoittama) suurin vaihtovirta, tai tiedon puuttuessa 1,1 kertaa mitoitusvirta.

2.5. PV-järjestelmän toiminta erikoistilanteissa

PV-toiminnan toiminta normaalitilanteessa keskeytyy, jos sähkönjakelu keskeytyy. Invertterin erotus verkosta on automaattinen. Tästä huolimatta aurinkosähköpaneelistossa voi olla 200 - 1000 V tasajännite, riippuen sarjaan kytkettyjen paneelien lukumäärästä ja auringonsäteilystä. Invertterin ja keskuksen välinen turvakytkin erottaa PV-järjestelmän verkosta, mutta ei katkaise / erota paneeliketjujen jännitettä. Tämän johdosta esimerkiksi katoille tehtävät rakenteiden korjaustyöt on suunniteltava asianmukaisesti ja tarvittaessa varmistaa turvallisuus avaamalla paneeliketjujen DC-kaapelointi ja pikaliittimet korjaustöiden ajaksi. Erityisesti isommissa asuin- ja liikehuoneistoissa PV-järjestelmän toiminnasta ja sijainnista tulee olla riittävän selkeät varoituskyltit ja ohjeet aulatiloihin, sähkökeskuksissa, DC-kytkentäkoteloissa sekä inverttereissä. Pelastustoimen osalta, Euroopassa nykyiset määräykset eivät velvoita rakentamaan etäohjattavia turva-erottimia PV-paneelien jännitteettömäksi. Panostukset turvallisuuteen on osa tulevaisuutta, joten on vain ajan kysymys, milloin erottimet kuten Fire raptor- tyyppiset aktiivikomponentit vaaditaan esimerkiksi liikerakennuksiin.

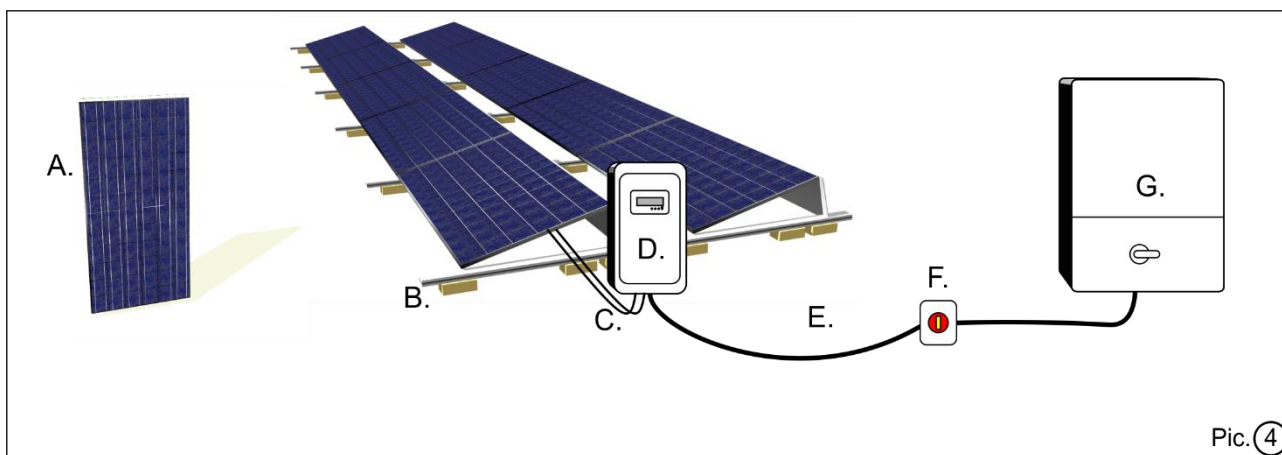


Rakennuksen sähköjärjestelmään liitetyn PV-toiminnan viivakuva (Single Line Diagram -.SLD).

3. Perusperiaatteet

3.1 Aurinkosähköjärjestelmän rakenne

Kaikissa erikokoisissa PV-voimaloissa on samoja rakenteita: PV-paneelit, asennustelineet, DC-kaapeloinnit, DC-kytkentäkotelot, invertterit, AC-kaapeloinnit, turvakytkimet ja varokkeet. PV-paneelit ovat yleensä rakennettu alumiiniseen kehykseen, missä on taustalevyn ja karkaistun lasilevyn välissä aurinkokennoja ja johtimia sarjassa. Paneelin tuottama teho (standarditestiolosuhteissa määritetty teho - P_{MAX} Maximum power at STC condition) - riippuu monesta tekijästä, tärkeimmät niistä ovat auringon säteilyn voimakkuus ja kennon lämpötila. Paneelin hyötysuhteeseen vaikuttaa mm. kennoissa käytetty materiaali ja kennojen lukumäärä. Yleisin kennomateriaali on ollut yksi- tai monikiteinen pii (mono/polycrystal silicone). Lisäksi viimevuosina osuutta on jonkin verran kasvattanut ohutkalvo-pohjainen teknologia. Hyötysuhde PV-paneelilla on ollut jo usean vuoden ajan 12 – 15 % luokkaa ja hyötysuhteen kasvattaminen on edelleen yksi keskeisiä tavoitteita PV-paneelien valmistajilla.



PV-voimalaitoksen rakenne A. PV-paneeli, B. asennusteline, C. DC-kaapeloinnit, D. DC-kytkentäkotelo/Invertteri, E. DC tai AC-kaapelointi, F. Turvakytkin, G. invertteri tai pienjännitekeskus.

3.2 Huomioitavaa ennen suunnittelun aloittamista

PV-järjestelmän mitoitus Suomessa perustuu tyypillisesti kohteen pohjakuorman kompensointiin, PV-paneelille soveltuvaan tilaan / pinta-alaan, projektiin varattuun kustannusarvioon (budjettiin) tai näiden yhdistelmiin. PV-paneelit asennetaan joko telineisiin, joissa on kiinteä suunta ja kulma tai kääntyviin telineisiin (tracker), jolloin voidaan saavuttaa 20 - 30% korkeampi tuotto.

Koska PV-paneelit kytketään sarjaan, tulee erityisesti tasakattoasennuksissa huomioida katolla olevien rakenteiden aikaansaamat varjostukset, jotka voivat heikentää tuottoa oleellisesti. Asennustavat kerrataan luvussa 3.3. Kun PV-järjestelmä asennetaan vesikatteen päälle, tulee vesikatteen olla uusi tai äskettäin uusittu, jolloin vältetään ensimmäisen vuosikymmenen aikajaksolla aurinkosähköpaneeliston purkamiselta ja uudelleen kokoamiselta vesikatteen uusimisen yhteydessä.

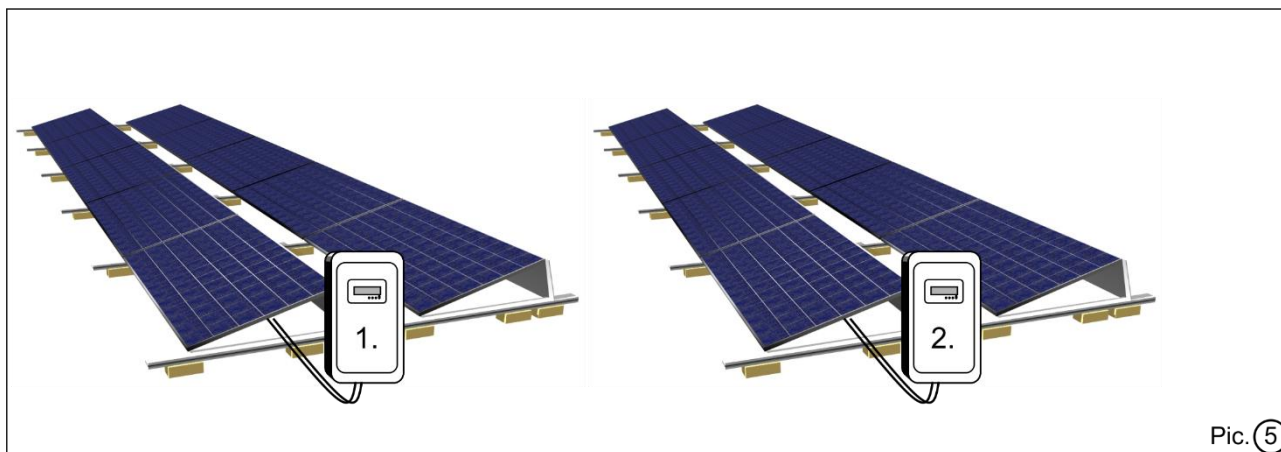
Ennen suunnittelun aloitusta tulee siis selvittää: verkkoyhtiön vaatimukset, sähköliittymän liityntäpisteiden rajoitukset liitettävän tehon osalta sekä vesikatteen ikä. Isoissa katoille asennettavissa aurinkosähkövoimaloissa voi olla tarpeen asentaa kokonaan uusi pienjännitekeskus paremmin soveltuvaan paikkaan ja toteuttaa vanhaan keskukseen haaroitus ja liittää uusi ja vanha keskus suurvirtakaapeloinnilla toisiinsa.

Liitteessä 2 on esitetty PV-voimala-projektin läpivienti vuokaavion muodossa.

PV-järjestelmän suunnittelussa voidaan käyttää lisenssiperusteisia suunnittelu- ja mitoitusohjelmistoja, kuten PVsyst tai PVsol. Toisaalta paneeliketjujen mitoitukseen on olemassa myös selainpohjaisia ohjelmistoja tai perinteisempiä taulukkolaskentaohjelmistoja.

Erityisesti Suomessa, loivissa 15 - 20 asteen telineasennuksissa, on mahdollista käyttää PV-paneelien tehosuhteessa invertterien tehoon (DC/AC) kerrointa 1.2 - 1.3 ilmoitettuun AC tehoon nähden, koska PV-paneelien optimituottoa ei tyypillisesti saavuteta. Lisäksi järjestelmissä on häviöitä. PV-järjestelmät sisältävät PV-paneelit, telineet, DC-kaapelit, DC-kytkentäkotelot (DC array box), invertterit, turvakytkimet, AC kaapeloinnit, tietoliikennekaapeloinnit, pienjännitekeskukset, muuntajat sekä keskijännitekojeistot. Ylijännitesuojaus (katso tarkemmin SFS 6000-7-712) voi olla osana invertterin rakennetta tai erillisenä.

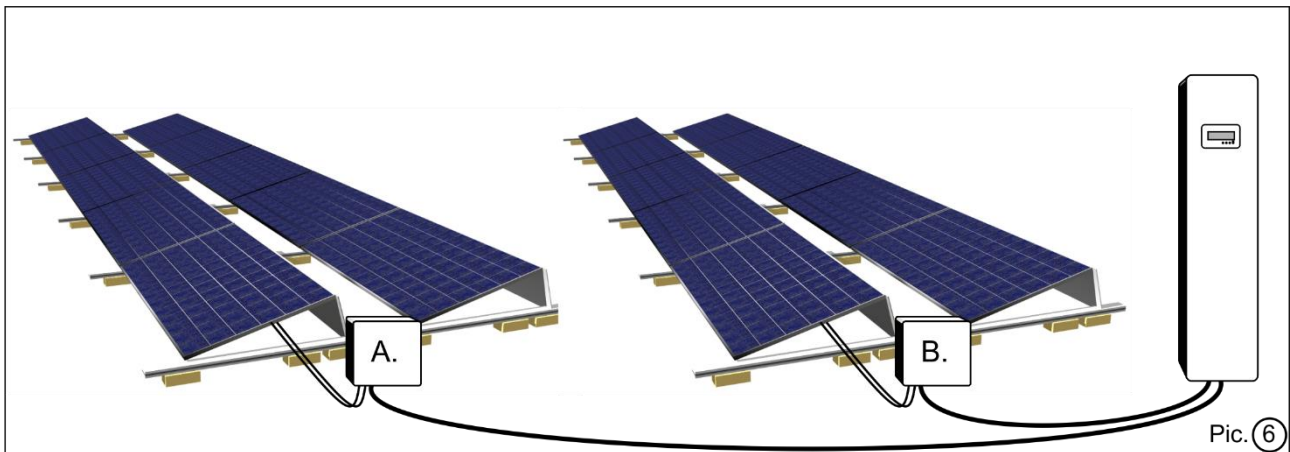
PV-järjestelmät voidaan toteuttaa hajautetulla tai keskitetyllä topologialla. Hajautetussa järjestelmässä suositellaan käyttämään samanmittaisia PV-paneeliketjuja sekä toteuttamaan järjestelmä saman invertterikoon monikertoina, jolloin invertterien käyttöönotto, dokumentointi ja mahdollinen varalaitteen vaihtaminen on suoraviivaisempaa.



Pic. ⑤

Hajautetussa topologiassa (Distributed topology) paneeliketjujen 6 mm² DC-kaapelit kytketään pikaliittimillä suoraan inverttereihin, joiden teho on mitoituksen mukainen.

Hajautetussa järjestelmässä PV-paneeliketjut (strings) kytketään pieniin 6-100 kW tehoisiin aurinkoinverttereihin (string inverter). Hajautetulla topologialla voidaan toteuttaa isoja järjestelmiä 100 - 2000 kW. Esimerkiksi Saksassa on toteutettu jopa 30 MWp PV-järjestelmiä hajautetulla rakenteella. Useamman Megawatin hajautetussa topologiassa on haasteena pitkät AC-kaapeloinnit invertteriltä puistomuuntamoille, jolloin AC-kaapeloinnissa on käytettävä kaapelinjakokaappeja (AC combiner box) puistomuuntamolle, sekä isolla poikkipinnalla olevia maakaapeleita. Lisäksi joissakin erikoistilanteissa on mahdollista, että PV-järjestelmä alkaa värähtelemään, joten voidaan tarvita kuitukaapelointi jokaiselle invertterille, jolloin erikoistilanteet saadaan hallintaan. Tarkkaa määritelmää hajautetun versus keskitetyn topologian tehorajalle ei toisaalta ole. Rajoittavana tekijänä voi olla 400 VAC verkkoon liittymisjännite. Joillakin verkkoyhtiöillä tehoraja on 1000 kW kyseisellä jakelujännitetasolla.



Keskitetyssä topologiassa (Centralized topology) paneeliketjut kytketään DC-kytkentäkoteloihin (liitäntäkeskus - DC array box - DC junction box), mistä edelleen poikkipinta-alaltaan isommilla DC kaapeleilla keskusinvertterin DC -tulokenttiin.

Keskitetyllä topologialla toteutetussa PV-järjestelmässä paneeliketjut kytketään ensin esimerkiksi 6 mm² DC-kaapeleilla DC-kytkentäkoteloihin, joista edelleen poikkipinta-alaltaan isommilla kuten 95 mm² DC-kaapeleilla keskusinvertterin (central inverter) DC-tulokenttiin. Yhteen DC-kytkentäkoteloon voidaan kytkeä esimerkiksi 24 kpl PV-paneeliketjuja. Keskitetyssä PV-järjestelmässä liityntäjännite voi pienemmissä järjestelmissä olla edelleen 400 V tai laajemmissa 10 / 20 kV. Isommat PV-voimalaitokset rakennetaan tyypillisesti 2 MWp blokeissa ja keskijännitteen liityntä voi olla säteittäinen, ketjutettu tai rengas. Keskitetyn PV-järjestelmän etuina ovat mahdollisuus tuottaa loistehon kompensointia sekä auringon säteilyn aikaan että säteilyn puuttuessa - käytännössä 24/7 - osa- tai täysteholla. Lisäksi teollisuustaaajuusmuuttajaan perustuvissa keskusinverttereissä on huomattavan pitkä huoltoväli. Keskitetyllä topologialla voidaan tyypillisesti toteuttaa yli 1000 kW aurinkosähkövoimalaitoksia.

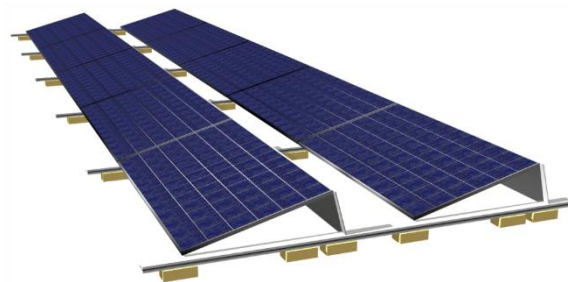
PV-järjestelmän tuotannon seurantaan voidaan käyttää kWh -mittausta liityntäpisteestä. Jos halutaan tarkempaa seuranta, voidaan PV-paneeliketjuja monitoroida. Tuotannon etäseurantaan voidaan käyttää invertterivalmistajan tai taloautomaatiovalmistajan pilvipalvelua tai tuotannon seuranta voidaan liittää paikalliseen automaatiojärjestelmään kuten taloautomaatio- tai SCADA-järjestelmään. Tarkemman PV-paneeliketjujen seurannan (string monitoring) ansiosta on helpompi seurata isommissa järjestelmissä, miten paneeliketjut toimivat. Monitoroinnin vaihtoehtoiset toteutustavat on esitetty **Liitteessä 3**.

3.3 Asennustavat

Kiinteissä telineasennuksissa PV-paneelien tyypillinen teho on ollut 270 Wp tasolla. Optimaalinen telineiden asennuskulma / orientaatio on noin 42-46 astetta / suuntaus etelään. Optimaalinen kulma on sitä suurempi mitä pohjoisemmaksi siirrytään. Tästä huolimatta erityisesti tasakattoasennuksissa on yleistynyt 15-20 asteen asennuskulma, jolloin etuna on kevyempi runkorakenne, jolloin vältetään kattorakenteiden vahvistamiselta. Vuosittain tuotto voi olla noin 5% pienempi kuin jyrkempää asennuskulmaa käytettäessä. Kääntyvissä telineasennuksissa on vastaavasti yleistynyt 300 Wp PV-paneelit 1000 VDC jännitetasolla. Isommissa usean megawatin aurinkovoimaloissa DC -puolen järjestelmäjännite on noussut 1500 VDC tasolle korkeamman kokonaishyötysuhteen sekä kustannustehokkuuden myötä. PV-paneelien asennustavat voidaan jakaa tasakatto-, viistokatto-, julkisivu- ja telineasennuksiin.

Tasakattoasennus

Tasakattoasennus, vesikate bitumikermi
 270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg
 Asennuskulma: 15 astetta
 Kiinnitys: Kelluva (perustuu tuulenohjaukseen/
 lisäpainoihin)
 PV-paneelien orientaatio: Vaaka
 Kiinnikerungon tukien jako: 1650 mm
 PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 1500 mm
 Keskimääräinen yhteiskuormitus: 20-30 kg/m²
 Vesikatteen ja rakenteen ilmarako: 50-300 mm
 Muuta: Telineiden ja kaapelihyllyjen potentiaalintasaus ja
 maadoitus, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä,
 paluujohdin samaan nippuun



Pic. ⑦

Tasakatolle asennettaessa tulee suunnittelussa huomioida kattorakenteisiin vaikuttava PV-paneelien ja asennustelineiden ja kaapeloinnin lisäkuorma, sadeveden esteetön kulku, sekä teknisten laitteiden /rakenteiden aiheuttamat varjot. Kun telineiden kaltevuus on 15 astetta, on telineiden rakenne kevyempi ja rakenne voi olla kelluva. Yhdysrakenteisen asennustelineen ansiosta tarvitaan vähemmän tuulikuormapainoja ja vain osalle telineistä.

Kattoasennus

Viistokattoasennus, vesikate pelti, konesauma
 270 W mitat 1623 x 986 x 35 mm, 18 kg
 Asennuskulma: Katon kaltevuus 10 – 60 astetta
 Kiinnitys: ankkurointi kattoon noin 1,5-2 kattokiinnikettä per paneeli
 PV-paneelien orientaatio: Pysty/ vaaka
 Kiinnikerunko: alumiiniristikko tai yhdensuuntaiset kiskot
 (paneelin kiinnitys pitkältä sivulta 4 kohdasta)
 PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm
 Laskennallinen yhteiskuormitus: 10-20 kg/m²
 Vesikatteen ja rakenteen ilmarako: 50-100 mm
 Muuta: Maadoitettava samaan potentiaaliin katon kanssa,
 DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin
 samaan nippuun, asennus harjalta 400 mm, huopakatteella
 vain 1/3 harjalta lukien lumen valumisen vuoksi



Pic. ⑧

Viistolle katolle asennettaessa tulee suunnittelussa huomioida vesikate, katon kaltevuus ja esim. teknisten laitteiden tai rakenteiden aiheuttamat varjot. Viistokatoilla helpoin vesikatemateriaali on peltikate, johon asennustelineet saadaan kiinnitettyä samalla periaatteella, kuin katon hoitotasot. Tiilikatteelle ja huopakatteelle on erilaiset kiinnikesarjat. Kokonaisasennuskustannuksiin vaikuttaa katon kaltevuus ja rakennuksen korkeus, kustannusvaikutus voi olla 10 – 30 % luokkaa.

Telineasennus

Telineasennus

270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg
 Asennuskulma: 20-60 astetta
 Kiinnitys: Routimaton maaperustus/ teräspalkit/ muu teline
 PV-paneelien orientaatio: esim pysty, 2 rivinen
 Kiinnikerungon tukien jako esimerkissä: 2000 x 1800 mm
 PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm
 Laskennallinen yhteiskuormitus: 50-200 kg/m²
 Rakenteen ilmarako: >300 mm
 Muuta: Runkorakenteet maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun



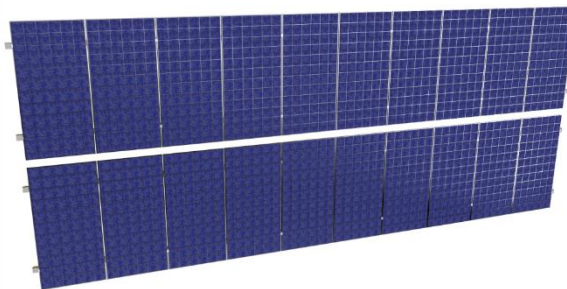
Pic. 9

Isommissa PV-voimalaitoksissa PV-paneelit asennetaan metalli tai puurakenteisiin telineisiin. Suunnittelussa tulee huomioida maaperä ja sen mahdollinen routiminen, pintavesien hallinta ja puiden/pensaiden/rakenteiden aiheuttamat varjot, sekä tarvittavat suojaukset – kuten suoja-aidat.

Julkisivuasennus

Julkisivuasennus

270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg
 Asennuskulma: 90 astetta
 Kiinnitys: Liima-ankkuroitu
 PV-paneelien orientaatio: esim pysty
 Kiinnikerungon tukien jako tapauskohtaisesti, noin 2m välein. Paneelikiinnitys pitkältä sivulta (valmistajien suositusten mukaan).
 PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm
 Laskennallinen yhteiskuormitus: 30-40 kg/m²
 Rakenteen ilmarako: 50-100 mm
 Muuta: Runkorakenteet maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun



Pic. 10

Julkisivulle (fasade) asennettaessa tulee suunnittelussa huomioida erityisesti toimenpidelupa – saako julkisivulle asentaa tummia PV-paneeleita. Joissakin tapauksissa voi paneeliketjujen pituudet tuoda haasteen, jos paneelien asennuksesta tulee tehdä tietyn muotoinen, niin symmetrisyyden saavuttamiseksi julkisivuun asennetaan ylimääräisiä paneeleita joita ei kuitenkaan kytketä. Julkisivun rakenteiden pintakäsittely tulee olla uusi tai uusittu äskettäin. PV-paneeliston ylläpidon kannalta tulee julkisivun alue olla tasainen asennuksen helpottamiseksi.

Kääntävä teline – tracker asennus

Kääntävä teline - tracker
 270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg
 Muutuva kulma: 20-60 astetta
 Kääntöakseli: Pysty tai vaaka tai molemmat
 Kiinnitys: Routimaton maaperustus/ teräspalkit/ teline
 PV-paneelien orientaatio: esim pysty, 2 rivinen
 Kiinnikerungon tukien jako esimerkissä: 2000 x 1800 mm
 PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm
 Laskennallinen yhteiskuormitus: 50-200 kg/m²
 Rakenteen ilmarako: >300 mm
 Muuta: Runkorakenteet maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun, useita kääntyviä telineitä voi kytetty samaan invertteriin



Pic. 11

Kääntyvillä telineillä (aurinkoseuraimella) voidaan paneelien tai paneelikokonaisuuksien orientaatiota muuttaa siten, että teline seuraa aurinkoa, jolloin päivittäinen tuotanto on optimaalinen. Kääntävä teline voidaan asentaa katolle tai maastoon. Suunnittelussa tulee huomioida erityisesti toimenpidelupa – saako alueelle asentaa kääntyviä telineitä. Kevytrakenteisissa yhden akselin tracker-kattoasennuksissa tulee huomioida kattorakenteisiin vaikuttava PV-paneelien ja asennustelineiden ja kaapeloinnin lisäkuorma, sadeveden esteetön kulku, sekä ympäröivien teknisten laitteiden tai rakenteiden aiheuttamat varjot.

Muut asennustavat

Edellä esitettyjen asennustapojen lisäksi on useita vaihtoehtoisia tapoja kuten vesikatteeseen asennettu PV-kennosto - ikkunalasien väliin laminoidut PV-kennostot kattoikkunoissa - parvekekaiteena käytettävä lasipaketti jonka sisällä PV-kennostot - katerakenteeksi valmistetut laatat, joissa PV-kennot - yhtenäiseksi vesikaterakenteeksi toisiinsa kiinnitetyt PV-paneelistot.

Invertterit

Invertteri on vaihtosuuntaaja eli se muuttaa PV-paneelien tasasähkön vaihtosähköksi. Invertterissä voi olla DC-kaapeleille pikaliittimet tai DC-kaapeli kytketään riviliittimeen tai DC-kytkimeen. DC -tuloilla voi olla monitorointi ja varokkeet osana invertteriä. Invertterejä on sekä yksi että kolmivaiheisia. Vaihtosuuntauksen jälkeen invertterityypistä riippuen optionaalisina varusteina voi olla (ennen AC-kaapelia) ylijännitesuoja sekä AC-kytkin. Inverttereissä on yksi tai useampi MPPT (Maxium Power Point Tracker) – ohjelma joka säätää verkkoon syötetyn tehon arvoa muuttuvan DC -arvon mukaan. Toisin sanoen MPPT kuormittaa aurinkopaneeleita siten, että niiden tehontuotto pysyy vallitsevien olosuhteiden (lämpötila, auringon säteilyn määrä) mukaisessa optimiarvossa. Invertteriin, jossa on kaksi MPPT:tä, voidaan kytkeä esimerkiksi pohjois-etelä suuntaisen harjakaton itälappeen ja länsilappeen paneelit eri MPPT:ille, jolloin itälappeen tuotto hyödynnetään aamuisin ja iltapäivän tuotto saadaan länsilappeelta.

Invertterit asennetaan tyypillisesti telineisiin tai seinälle. Suurin osa inverttereistä on ilmajäähdytteisiä, joko jäähdytysprofiililla (passiivinen) tai profiili-tuuletin yhdistelmällä (aktiivinen). Invertterien asennusohjeissa on määritelty, miten lähelle toisiaan ne voidaan asentaa. Pääsääntöisesti invertterit voidaan asentaa rinnakkain – ei päällekkäin. Invertterjä ei tule upottaa rakenteisiin tai keskuksiin, koska jäähdytys ei toimi halutulla tavalla. Asennusohjeessa otetaan myös kantaa AC -kaapeleiden poikkipinta-alaan. Invertterin pika-asennusohjeeseen (Quick installation guide) sekä käyttöohjeeseen (manual) tulee perehtyä tarkasti.

Memory circuit

[illegible]

4. Suunnittelijan opas

4.1 PV-järjestelmän mitoituksessa huomioitavaa

Suuntaus on kohti isompia PV-paneelitehoja, yleisin teholuokka on tällä hetkellä 3000 W 1000 V DC. Kaikkein halvimmat PV-paneelit voivat olla SPOT-hinnoiteltua erää. Jos tarkoituksena on tehdä PV-paneelien hankinnat itse, on suositeltavaa vierailla vuosittaisilla Intersolar -messuilla Saksassa ja arvioida paneelivalmistajien vahvuudet paikanpäällä. Paneelivalmistajien paneelikohtaisia asennustapaohjeita telineisiin tulee noudattaa tukipisteiden (kiinnityspisteiden) osalta. Samoin ohjeet paneeliketjujen pituuksien osalta tulee huomioida. Kokonaisprojekteja toteuttavat EPC- ja sähköasennusyritykset voivat antaa yleisoheja järjestelmäsuunnittelussa, niissä kohteissa, missä kyseinen yritys myös toteuttaa hankkeen.

PV-voimaloiden koko vaikuttaa joidenkin toimintojen osalta invertterien asetuksiin (grid code) sekä esimerkiksi pienjännitekeskusten varusteluun. Isommissa > 100 kWp PV-voimaloissa voi verkkoyhtiö edellyttää esimerkiksi Rocof (rate of change of frequency) -suojausta ja nopeampaa Anti-Islanding toimintoa. Hajautetulla topologialla toteutetun PV-voimalan invertterit, jotka on kytketty samaan yhteiseen keskukseen tai isommassa keskitetyn topologian PV-voimalassa keskusinvertterien yhteiseen liityntäpisteeseen – vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi ABB REG615 (Generator and Interconnection Protection Relay) suojalettiä. Lisäksi kansallisella tasolla PV-voimaloiden mitoituksessa tullin asettama sähköverovelvollisuus tuotannon ylittäessä 800 000 kWh, on rajoittanut joidenkin PV-voimala projektien koon noin 1 MWp. Toinen rajapyykki tulee 5 MW kohdalla, yli 5 MWp voimaloiden kytkeminen 20 kV keskijänniteverkkoon tuo mukanaan joitain tarkennuksia liityntäehtoihin.

Mitoitusesimerkki: Vapaata kattopinta-alaa on käytettävissä noin 900 m². Kun aurinkopaneeli asennetaan 15 asteen kulmaan, se vie noin 2,5 m² tilaa, jolloin katolle sopii 900m²/2,5m²/paneeli = 360 paneelia. Jos valittu paneeli on 310 Wp, kerrotaan paneelien määrä teholla (360 x 310 Wp), jolloin saadaan 111 600 Wp. Tämä on tarkoituksenmukaista puolittaa, jolloin saadaan 55 800 Wp. Esimerkkinä mitoituksessa ABB PVS-50-TL-SX2-mallin ja SolarWorld SW 310 MONO-paneelien keskinäinen mitoitus verkkopohjaisella [stringsizer](#) -mitoitustyökalulla tuottaa suositusarvot 18 paneelia ketjussa ja 10 rinnakkaista paneeliketjua. Tällöin saatava DC-teho, 55 800 W_p, soveltuu loivassa asennuskulmassa 15-20 astetta oleville paneeliketjuille, koska paneelien nimellistehoa ei käytännössä saavuteta. Mitoituksen DC/AC -kerroin on noin 1,1. PVS-50-TL-SX2 mallissa on 15 DC - tuloparia, joista käytetään tällä mitoituksella 10 paria. Katso liite 4.

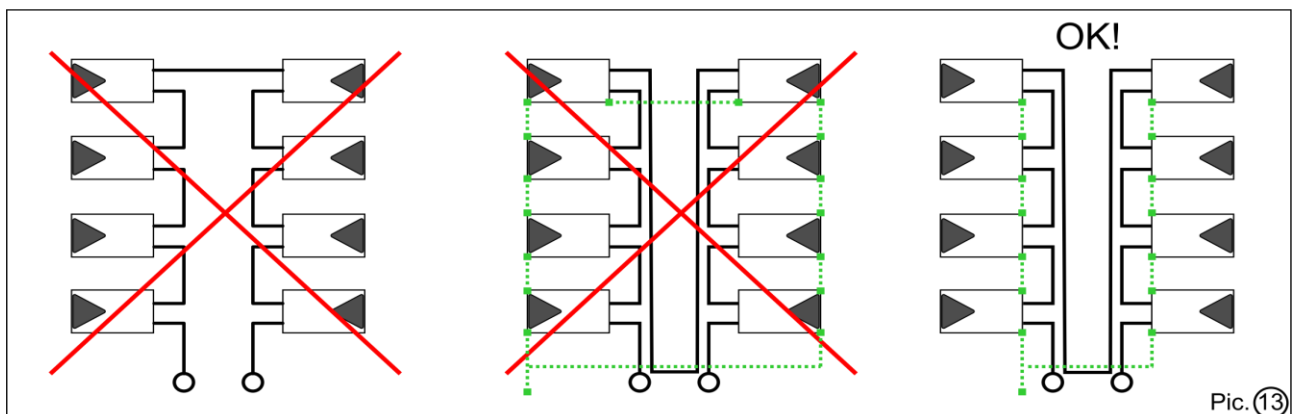
		PV Panels/string								
		11	12	13	14	15	16	17	18	19
Single MPPT	Strings in parallel	4						21080(68)	22320(72)	23560(76)
		5			21700(70)	23250(75)	24800(80)	26350(85)	27900(90)	29450(95)
		6	22320(72)	24180(78)	26040(84)	27900(90)	29760(96)	31620(102)	33480(108)	35340(114)
		7	23870(77)	26040(84)	28210(91)	30380(98)	32550(105)	34720(112)	36890(119)	39060(126)
		8	27280(88)	29760(96)	32240(104)	34720(112)	37200(120)	39680(128)	42160(136)	44640(144)
		9	30690(99)	33480(108)	36270(117)	39060(126)	41850(135)	44640(144)	47430(153)	50220(162)
		10	34100(110)	37200(120)	40300(130)	43400(140)	46500(150)	49600(160)	52700(170)	55800(180)
		11	37510(121)	40920(132)	44330(143)	47740(154)	51150(165)	54560(176)	57970(187)	61380(198)
		12	40920(132)	44640(144)	48360(156)	52080(168)	55800(180)	59520(192)	63240(204)	
		13	44330(143)	48360(156)	52390(169)	56420(182)	60450(195)	64480(208)		
		14	47740(154)	52080(168)	56420(182)	60760(196)				
		15	51150(165)	55800(180)	60450(195)					
		16	54560(176)	59520(192)	64480(208)					
		17	57970(187)	63240(204)						
		- Designer Note: Possibility of output power limiting								

Pic. 12 Stringsizer mitoitusohjelmassa taulukossa on erilaisia arvoja, suositellut arvot on merkitty vihreällä. Koska asennuskulma on loiva ja järjestelmässä on aina jonkin verran häviöitä, voidaan käyttää kerrointa x1.1, jolloin 50 kW invertteriin voidaan kytkeä 56 kWp paneeleita 10 x 18 (310 W).

4.2 PV-voimalan suunnittelijan muistilista

1. Selvitä tämän suunnittelijan oppaan mukaisesti, mitä rajoituksia suunnittelun kohteena olevassa rakennuksessa/maastossa on
2. Tutki paikallisen sähköverkkoyhtiön ohjeistus ja noudata sitä
3. Selvitä uudiskohteen / kohteen sähköliittymän koko ja vapaat liityntäpisteet
4. Valitse asennustapa ja arvioi/simuloi tarvittaessa varjostavien elementtien vaikutukset, huomioi MPPT tarve
5. Valitse PV-paneelin teholuokka sekä mahdollisesti PV-paneelivalmistaja
6. Mitoita PV-paneelisto yhden tai useamman samakokoisen invertterin monikertana, käyttäen DC/AC kerrointa x 1.1-1.2. Käytä ABB String sizer työkalua paneeliketjujen arviointiin. <http://www.stringsizer.abb.com/> Dokumentoi mitoitus riittävän tarkasti ja tallenna tiedot.
7. Optimoi invertterien sijainnit siten, että DC-kaapeleilla on optimipituudet. Huomioi, ettei paneelien DC-kaapeleilla saa tehdä lenkkejä vaan paneeliketjujen paluukaapelit tuodaan samaa reittiä takaisin, katso kuva 13, noudata SFS6000 ohjeistusta.
8. Invertterit voidaan asentaa seinälle tai telineisiin. Huomioi invertterien alin käyttölämpötila ja varmista se invertterivalmistajalta tai maahantuojalta. Huomioi että seinä-/telinerakenne on riittävän muotojäykkä, koska esim. 50 kW:n invertteri voi painaa kaapeleineen yli 80 kg
9. Tuotannon monitorointi voidaan toteuttaa liittämällä invertterit tai erilliset kWh-mittarit kenttäväylällä taloautomaatiojärjestelmään tai pilvipalveluun.
10. Laadi tyyppipiirrokset asennuksista ja piirrä sähkökaavio, sähköpiirustukset, merkitse kuviin [Verkkokoodi VDE AR N 4105 asetettava käyttöönottossa 24h sisällä!].
11. Huomioi että kytkentäkoteloihin, kytkimiin, invertteriin ja muihin koteloihin sekä tarvittaessa aula-tilaan on asennettava varoitusmerkinnät. (liite 5)
12. Laajoissa kohteissa tulee projektiaikataulun suunnittelussa huomioida keskiännitekomponenttien pitkät toimitusajat. Laadi PV-järjestelmän toimitukselle aikataulu, työmaalle turvallisuusohje, asennusohje ja järjestelmän toimintakuvaus, tarkastuspöytäkirja, ilmoitus verkkoyhtiölle generaattorin liittämisestä sähköverkkoon sekä loppukäyttäjän käyttöohje. Näitä aiheita on käsitelty standardissa: SFS-EN 62446-1:2016 Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönottotestit ja tarkastus ks. kappale 4 Järjestelmän dokumentointivaatimukset SFS 6000-7-712:2017 kohdassa 712.6.101 Tarkastukset ja testaus sanotaan: Standardi SFS-EN 62446-1 antaa lisävaatimuksia järjestelmän dokumentaatiolle, käyttöönottoasteille ja tarkastukselle.
13. Tallenna kaikki dokumentaatio samaan kansioon sekä varmuuskopio kansio

Liitteessä 2 on esitetty PV-voimala-projektin läpivienti vuokaavion muodossa.



PV-paneelien kaapeloinnissa tulee noudattaa sekä paneelivalmistajan suosituksia että SFS6000 mukaisia ohjeita. Kaikki runkorakenteet on maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun.

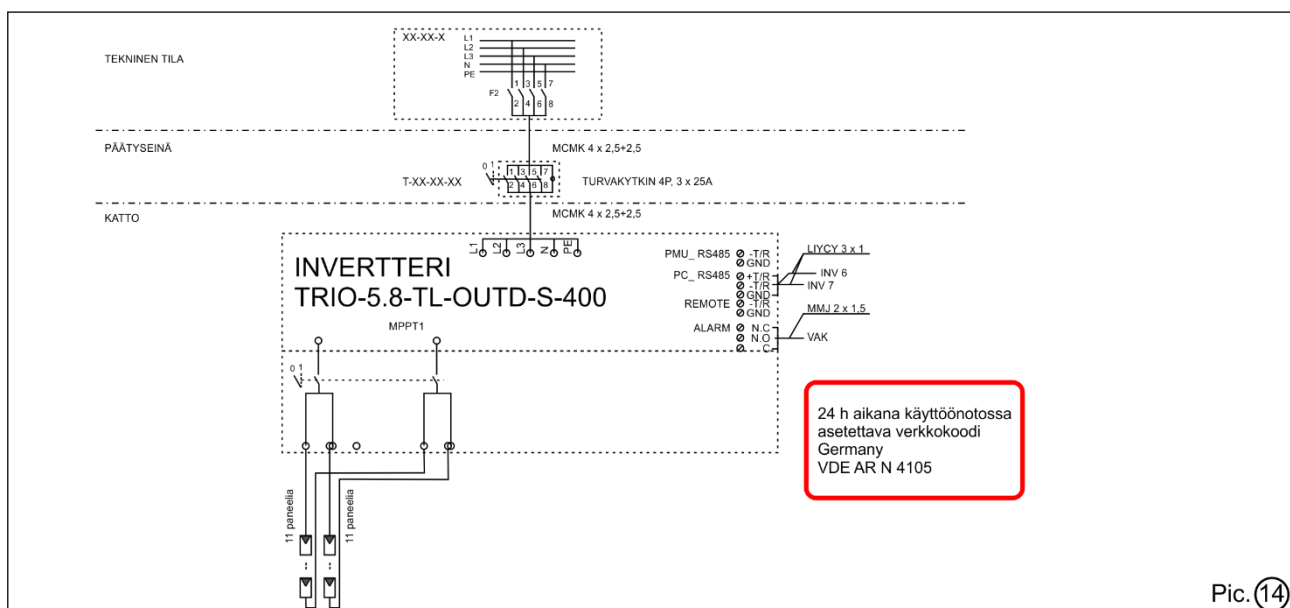
4.3 Pientalon aurinkosähkövoimala

Pientaloissa (residential) PV-järjestelmän mitoitus voi perustua tavoitteiseen leikata sähkölaskua. Tyypillisesti järjestelmä rakennetaan sähkölämmitteiseen talouteen. Erilaisilla laskelmilla on mahdollista tehdä tavoitehakuisia raportteja, joissa lopputulemana syntyy mielikuva lyhyestä takaisinmaksuajasta. Suunnittelussa sekä markkinoinnissa tulisi kuitenkin huomioida, että lämmityskaudella, noin kolme kuukautta, PV-järjestelmän tuotto on käytännössä lähellä nollaa. Toisaalta pientaloissa on hyvin vähän aidosti kolmivaiheisia kuormia, pois lukien lämminvesivaraaja ja sähkökiuas.

Pienempien PV-järjestelmien suunnittelussa tulisikin keskittyä päiväaikaan käytössä olevien todellisten kuormien mukaan mitoittamiseen. Jos pientalossa on esimerkiksi ilmalämpöpumppu, joka jäähdyttää sisätiloja päiväaikaan, PV-järjestelmästä saadaan suurin hyöty, jos toteutetaan se 2 – 3 kWp paneelistolla ja yksivaiheisella invertterillä. Suunnittelun osana tulee selvittää mitkä kuormat on mahdollista vaihtaa keskuksessa samaan vaiheeseen invertterin kanssa. Jos kytkentöjä muutetaan, pitää muutokset merkitä rakennuksen sähköpiirroksiin.

Sähköverkkoyhtiöiden vaatimus on, että vaiheiden välinen vinokuorma ei ylitä 16 A, mikä käytännössä tarkoittaa että verkkoon kytkettävän yksivaiheisen invertterin maksimiteho saa olla korkeintaan 3.6 kW. SolarWorld Sunmodule Plus SW 270 poly -paneeleilla ja ABB UNO-DM-3.0-TL-PLUS-SB-Q yksivaiheisella invertterillä Stringsizer -mitoitushjelma ehdottaa 12 paneelia yhtenä ketjuna (**Liite 6**). DC/AC -suhde on kertoimella x 1.1, jolloin hetkittäinen teoreettinen huipputeho on 3240 W. Paneelit asennetaan viistokatolle yhdelle lappeelle, katonharjan lähelle. AC-turvakytkin tulee olla esimerkiksi teknisen tilan ulkopuolella seinässä 170 cm korkeudella.

Kuten luvussa 2.1 on esitetty, pientaloissa voi PV-järjestelmän mitoituksen rajoituksena olla liittymäkoko. Jos pientalossa on paljon päiväaikaista kuormitusta, voidaan luonnollisesti toteuttaa esimerkiksi 6 kWp kolmivaiheinen PV-järjestelmä. TrinaSolar TSM-270-PC05A paneeleilla ja ABB Trio-5.8-TL-OUTD-S kolmivaiheisella invertterillä Stringsizer-mitoitusohjelma ehdottaa 22 paneelia yhdessä ketjussa (**Liite 7**). DC/AC -suhde on tällöin kertoimella x 1.02 (eli paneeliketjun teho on n. 102 % invertterin AC-nimellistehosta), jolloin hetkittäinen teoreettinen huippu on 5940 W. Paneelit asennetaan viistokatolle yhdelle lappeelle, katonharjan lähelle. AC- turvakytkin tulee olla esimerkiksi teknisen tilan ulkopuolella seinässä 170 cm korkeudella.



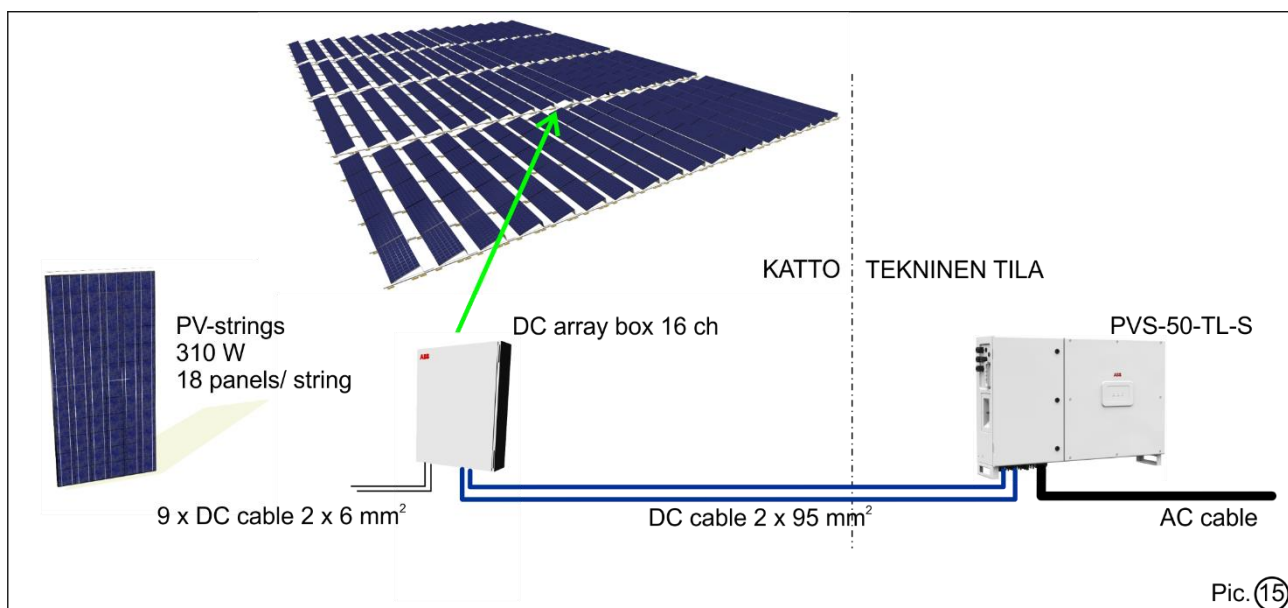
Viitteellinen sähkökuva 6 kWp PV-voimalasta.

4.4 Katolle asennetut aurinkosähkövoimalaitokset

Asuin- ja liikerakennuksissa, samoin kuin teollisuusrakennuksissa on mahdollista asentaa katoille laajojakin PV-järjestelmiä. Isojen rakennusten katoilla on yleensä loivia ”kaatoja” sade- ja sulamisveden ohjaamiseksi sadevesiviemäriin. Vaikka vapaata kattopintaa on laskennallisesti paljon, voivat talotekniset rakenteet leikata PV-järjestelmälle soveltuvaa katto-alaa. Suunnittelun lähtökohtana voi olla kyseiseen käyttötarkoitukseen soveltuvan alueen optimaalinen hyödyntäminen. Erityisesti isojen kattopintojen osalta tulee selvittää katon kantavuus ja vesikatteen ikä. Jos katolta pudotetaan lumikuorma runsaslumisina talvina voi PV-paneelien asentaminen olla haasteellista. Talvisin PV-paneelien tuotannon laskiessa noin kolmeksi kuukaudeksi lähelle nollaa, paneelit voivat peittyä lumeen. Lunta ei tyypillisesti poisteta koko talven aikana, joten katon tulee kestää sekä lumikuorma että PV-paneeliston aiheuttama lisäkuorma. Ympäristöolosuhteiden mukaan invertterit voidaan asentaa paneeliston yhteyteen tai esimerkiksi IV-huoneeseen. Ulos asennettavien invertterien alin käyttölämpötila on tyypillisesti -25 astetta. Jos lämpötila laskee alle -25 asteen, invertteri ei käynnisty, vaikka auringon säteily hetkellisesti tulisikin saataville.

Katolle asennettujen PV-voimaloiden koot vaihtelevat 20 – 2000 kW välillä. Kyseisessä teholuokassa käytetään yleensä hajautettua topologiaa. PV-paneeliston mitoitus perustuu saman invertterikoon monikertaan. Invertterien kautta PV-paneeliketjuja voidaan monitoroida, kun invertterit liitetään esimerkiksi samaan Modbus kenttäväylään, siten että jokaiselle invertterille asetetaan käyttöönoton yhteydessä yksilöllinen osoite. Hajautetussa topologiassa jokaisella invertterillä on yksi tai useampi MPPT, joten laajoissa katolle asennetuissa PV-voimaloissa paneelien asennustelineiden kaltevuuskulma ja ilmansuunta voi olla invertterikohtainen.

Vaihtoehtoisesti kattoasennustelineiden yhteyteen asennetaan DC -kytkentäkotelo, johon kytketään paneeliketjut. Paneeliketjujen pituuteen vaikuttaa valitun paneelin teho ja jännite, rinnakkaisten ketjujen määrään vaikuttaa invertterin koko. DC-kytkentäkotelolta jatketaan esimerkiksi 95mm² poikkipinta-alaisella DC-parikaapelilla invertterin DC-riviliittimelle tai DC-kytkimelle. Vastaavasti jokaiselle DC-kytkentäkotelolle asetetaan käyttöönoton yhteydessä väyläosoite, jos monitorointi on käytössä.

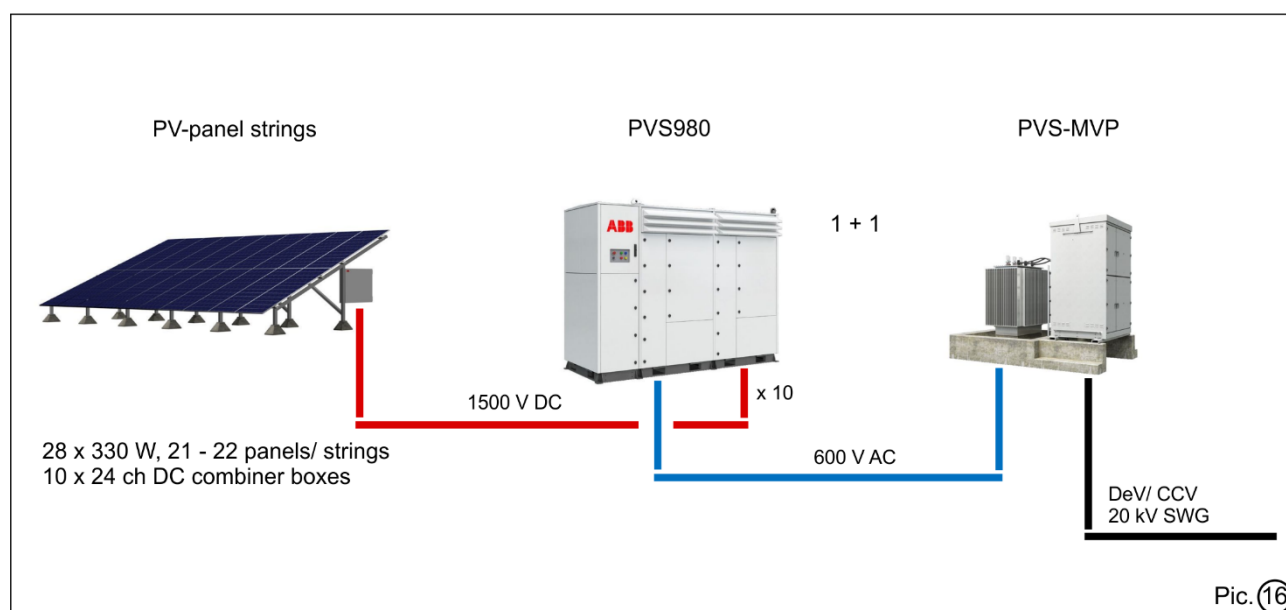


Kattoasennus, jossa käytetään 310W paneeleita, ketjun pituus 18 paneelia ja 10 ketjua kytketään samaan DC-kytkentäkoteloon, mistä DC-parikaapelilla 50 kW invertterin DC riviliittimeen/ DC kytkimeen.

4.5 Isot PV-voimalaitokset

Usean megawatin aurinkosähkövoimaloissa PV-paneelit asennetaan telineisiin ja yhdessä telineessä voi olla yksi tai useampi rivi PV-paneeleita. PV-paneelien jännite voi olla 1000 tai 1500 V DC. Usean megawatin voimaloissa on kustannustehokkaampaa käyttää keskusinvertteriä (central inverter). Paneeliketjut kytketään DC-kytkentäkoteloihin, missä on DC-varokkeet, virtamittamuuntimet, kenttäväyläliityntä sekä DC-erotuskytkin. DC-kytkentäkoteloihin voidaan liittää 16, 24 tai 28 rinnakkaista paneeliketjua. Koteloilta voidaan DC-kaapelointi toteuttaa joko kupari tai alumiinikaapelilla, mutta kaapelin materiaali tulee huomioida sekä DC-kytkentäkotelointia että keskusinvertteriä määriteltäessä. Kun monitorointi on käytössä, käyttöönoton yhteydessä jokaiselle DC-kytkentäkotelolle asetetaan osoitearvo – numero. Kiinteiden asennustelineiden PV-voimalan mitoituksessa voidaan käyttää DC/AC kerrointa 1.2-1.3. Keskusinvertterissä on tyypillisesti yksi MPPT per invertteri, joten usean megawatin PV-voimaloissa paneelien asennustelineiden kaltevuuskulma ja ilmansuunta on oltava yhtenäinen, mitoitus esimerkki 4 MWp **Liite 8**.

Tuotannon monitorointi voidaan tehdä DC-kytkentäkotelossa virtamittauksella tai keskusinvertterin DC-tulokennojen mittauksena. Monitorointi voi olla laajassa paneeliketjässä tarpeen, jos halutaan tarkemmin seurata, miten yhteneväisesti paneeliketjut tuottavat samalla auringon säteilyarvolla. Monitoroinnin lisäksi on mahdollista seurata sääolosuhteita, kun järjestelmään liitetään sääasema, missä on säteilyn, lämpötilan, paneelin lämpötila sekä tuulen voimakkuuden ja suunnan mittaukset. Aurinkosähkölaitoksen suorituskyvyn seuranta/valvonta on kuvattu standardisarjassa: IEC 61724 Photovoltaic system performance: Part 1: Monitoring, Part 2: Capacity evaluation method, Part 3: Energy evaluation method. Erityisesti etäseurattavien PV-voimaloiden osalta ympäristötiedot ovat keskeisessä roolissa. Säänkestävän on-line kameran käyttö voi joissakin tapauksissa tarkentaa tilannekuvaa. Usean megawatin PV-voimalat toteutetaan yleensä 2 MW blokkeina. Keskusinvertteri voi olla ulkokäyttöön suunniteltu kokonaisuus, kuten PVS980 ja PVS-MVP yhdistelmä. Sähköverkkoon liityntä voidaan tehdä keskijännite muuntamoasemalla (Medium Voltage Housing) tai ulkokäyttöön tarkoitettulla muuntaja-keskijännitekojeisto yhdistelmällä PVS-MVP. Keskusinvertterit kytketään korkean hyötysuhteen kuivamuuntajaan, joka nostaa invertteriltä lähtevän jännitteen 600/ 660/ 690 V AC:stä keskijännitteeksi 20 / 33 kV AC.



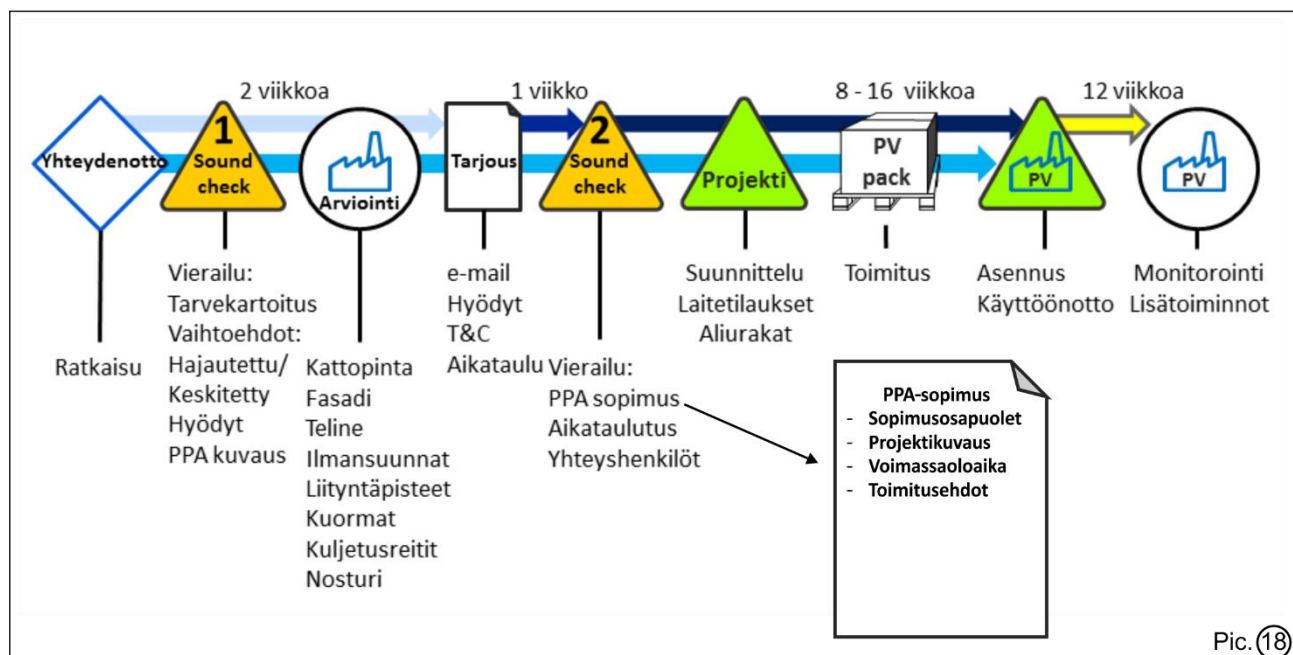
2 MWp block, jossa 330W paneeleita, ketjun pituus 28 paneelia ja 21-22 ketjua kytketään samaan DC-kytkentäkoteloon, 10 kpl 24-kanavaista DC-kytkentäkoteloa liitetään DC-parikaapelilla yhden keskusinvertterin DC-tulokenttään.

4.6 Aurinkosähköprojektin vaiheet

Jokaisessa PV-voimalassa on omat erityispiirteensä. Kuten edellä on useaan otteeseen esitetty, PV-voimalaprojektin etenemisessä tulee kiinnittää suunnittelun alkuvaiheessa huomio niihin mahdollisuuksiin sekä rajoituksiin, joita suunnittelun kohteessa on. Kokonaisprojekti voi sisältää useita rinnakkain eteneviä osuuksia. PV-järjestelmän rakentaminen on usein investointi, mutta se voi olla myös PPA-toimitus, missä kohteen omistaja tekee järjestelmätoimittajan kanssa pitkäjäksoisen energianostosopimuksen, jolloin PV-järjestelmä säilyy järjestelmätoimittajan taseessa. Toisin sanoen tilaaja osoittaa asennuskohteen ja toimittaja asentaa ja käyttöönottaa omistamansa PV-voimalan kohteeseen. Liitteessä 2 on esitetty PV-voimala-projektin läpivienti vuokaavion muodossa.



Keskeisimmät PV-voimalaprojektin vaiheet.



PPA toimitus poikkeaa rakenteeltaan, PPA:ssa projekti sisältää kuvan 17 vaiheet.

5. Yhteenveto

PV-voimalan suunnittelijan opas liitteineen on järjestelmätason läpileikkaus monimuotoiseen aurinkosähkövoimalan suunnitteluun. Vain keskeiset pääkohdat ja joitain yksityiskohtia on käsitelty tässä oppaassa. PV-järjestelmillä saavutettavat hyödyt oman sähköntuotannon lisäksi:

Lisäarvoa voidaan saavuttaa, koska;

- Ostoenergian määrä pienenee
- Rakennuksen energiatehokkuus paranee – ”PV-paneelien tuottama aurinkovarjo”
- Tuotettu energia voidaan käyttää tuotteen valmistusprosessiin
- Aurinkosähköä voidaan haluttaessa varastoida esim. lämpimään käyttöveteen
- Voidaan pienentää toiminnasta aiheutuvaa ympäristövaikutusta
- Isommissa kokonaisuuksissa voidaan liittyä sähkömarkkinoille
- Valmistaudutaan energiamurrokseen

Kertauksena keskeisimmät aiheet: PV-järjestelmän mitoitus perustuu käytettävissä olevaan pinta-alaan, pohjakuorman kompensointiin, budjettiin tai näiden yhdistelmään. Lisäksi vapaat sulakelähdöt sähkökeskuksessa rajoittavat asennusta pinta-alaltaan isommissa rakennuksissa. Järjestelmää suunniteltaessa, suositellaan mitoittamaan PV-paneelit saman invertterikoon monikertana, jolloin varmistetaan käyttönoton, dokumentaation ja tarvittaessa vaihtolaitteen yhteensopivuus. Kattoasennuksissa vesikate tulee olla uusi tai äskettäin uusittu. PV-paneelit asennetaan telineisiin valmistajan ohjeiden mukaan ja siten että paneelit jäähtyvät.

String invertterien alin käyttölämpötila on -25 C, sisätiloihin asennettaessa invertterit tulee asentaa siten, että jäähdytysilma liikkuu takaosan profiiliin läpi esteettömästi. Ennen järjestelmän käyttöönottoa tulee asennusohjeesta selvittää, miten verkkokoodi asetetaan (grid code). Järjestelmää ei saa ottaa käyttöön ja kytkeä sähköverkkoon ilman sähköverkkoyhtiön kirjallista lupaa. Verkkoyhtiö voi vaatia turvakytken invertterin ja keskuksen väliin.

Maininta verkkokoodin asettamisesta 24 tunnin sisällä käyttöönotossa tulee merkitä sähkökuviin. Invertterissä on DC-puolella pikaliittimet tai DC-kaapelit kytketään suoraan riviliittimeen. AC-kaapeleiden mitoitus suositukset tehon mukaan, taulukko löytyy invertterien manuaaleista.

Tuotantoa voidaan seurata invertterin LCD-näytöltä, kWh-mittarista tai lukemalla tiedot Modbus-väylää käyttämällä inverttereiltä dataloggerin tai paikallisen tietojärjestelmän kautta. Tuotantotietojen siirto voidaan toteuttaa langattomasti tai langallisesti, pilvipalveluun tai paikalliseen tietojärjestelmään. Pilvipalvelussa voi tiedonsiirtoviiveen tai tiedonkeruun aikaikkunan (15 min) ansiosta invertterin paikallisen tiedon ja etämonitoroinnin välillä olla eroja. PV-järjestelmän toimitusehtojen mukaan liityntäpisteeseen asennettu kWh-mittari varmistaa tarkemman mittaustiedon, koska invertterin näytön on tarkkuus +/-X% .

Jos päivällä auringon paisteessa DC-kaapeleiden kytkentöjä avataan ja joudutaan koskemaan avoimiin johdinpintoihin, tulee PV paneelit tarvittaessa peittää työskentelyn ajaksi. Paneelipiirit ovat jännitteellisiä vaikka ne eivät ole kytkettynä invertteriin.

Memory circuit

[illegible]

6. Lisätietoa

Linkkejä:

https://energia.fi/files/1253/Mikrotuotannon_yleistietolomake_verkonhaltijoiden_kayttoon_paivitetty_20160909.pdf

https://energia.fi/files/1248/Ohje_tuotannon_liittamisesta_jakeluverkkoon_PAIVITETTY_20160427.pdf

https://energia.fi/files/1249/tekninen_liite_1_-_enintaan_100_kVA_PAIVITETTY_20160427.pdf

https://energia.fi/files/762/Mikrotuotannon_liittaminen_sahkonjakeluverkkoon_YA9_13_verkostosuositus_paivitetty_20160427.pdf

http://www.sesko.fi/viestit_ja_vinkit/aurinkosahkolaitteiston_dokumentointi_tarkastukset_ja_kayttotottotestit.1313.news

<http://napssolar.com/fi/referenssimme>

http://www.elenia.fi/sahko/sahkon_tuotanto

<http://www.elenia.fi/content/mikrotuotantoa-auringolla>

<http://www.jyvaskylanenergia.fi/sahko/aurinkosahko>

<http://www.jyvaskylanenergia.fi/rakentajalle/ohjeet-tilaukset-ja-lomakkeet/sahko/pientuotanto>

<http://new.abb.com/solar>

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko

<http://www.finsolar.net/>

<http://www.lahienergia.org/lahienergia/aurinkoenergia/>

<http://www.iea-pvps.org>

<https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>

<http://www.solarpowereurope.org/reports/global-market-outlook-2017/>

<https://setis.ec.europa.eu/related-jrc-activities/jrc-setis-reports>

-> Technology -> Photovoltaics

SFS-EN 50438: Tekniset vaatimukset yleisen pienjännitejakeluverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/5/374188.html.stx>

SFS 6000-7-712:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/534587.html.stx>

<https://www.vde-verlag.de/standards/0105029/vde-ar-n-4105-anwendungsregel-2011-08.html>

(VDE 4105 2011)

<https://www.vde-verlag.de/standards/1100448/e-vde-ar-n-4105-anwendungsregel-2017-07.html>

(päivitetty luonnos 7/2017)

7. Tarkastuspöytäkirja



ST 55.36

1 (2)

**AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN
KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

PERUSTIEDOT			
Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Sähkötöiden johtaja	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Kohteen tiedot	Nimi		Tyonumero
	Kohteen yksilöinti		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaaaja	Yritys		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaaajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		

1 AISTINVARAINEN TARKASTUS

☐ Asennukset on aistinvaraisessa tarkastuksessa todettu vaatimusten mukaiseksi (ks. ohje)

2 TESTAUKSET (ks. testausohje)

Paneeliketju		1	2	3	4
Paneelisto	Moduuli				
	Lukumäärä				
Paneeliston parametrit (kuten määritetty)	Voc (stc)				
	Isc (stc)				
Paneeliketjun ylivirtasuojalaite	Tyyppi				
	Mitoitus (A)				
	DC-mitoitus (V)				
	Kapasiteetti (kA)				
Kaapelointi	Tyyppi				
	Vaihe (mm ²)				
	Maadoitus (mm ²)				
Paneeliketju	Voc (V)				
	Isc (A)				
	Säteily				
Napaisuuden tarkistus					

Dokumentti on tulostettu Sähköinfo Oy lisenssillä 2.3.2017. Severi on Sähköinfon sähköinen aineistopalvelu. © Sähköinfo Oy

Esimerkki: PV-järjestelmän tarkastuspöytäkirjan sivu 1/6 © Sähköinfo Oy

8. Usein esitetyt kysymykset

Tuottaako PV järjestelmä sähkökatkon aikana?

Aurinkosähköjärjestelmästä voidaan rakentaa akkujen kanssa varavoimala, joka toimii sähkökatkon aikana. Silloin täytyy käyttää kaksoiserotuskytkintä, jolla varmistetaan ettei pienvoimala voi syöttää samanaikaisesti saareketta ja verkkoa. Suurin osa nykyään asennettavista järjestelmistä tahdistuu verkkoon (invertteri ei pysty tuottamaan itse taajuutta) ja näissä verkon kanssa rinnan (=samanaikaisesti) toimivissa inverttereissä vaaditaan saarekekäytön esto.

Onko invertterissä ylijännitesuojaus?

Vaihtelee invertterimallin mukaan

Tarvitaanko vikavirtasuojaa?

Ellei SFS 6000:2017 kohdan 712.530.3.101 reunaehto(dot) täyty, on käytettävä SFS-EN 62423 tai SFS-EN 60947-2 mukaista tyyppin B vikavirtasuojaa, projekti voi edellyttää A-mallia mutta ei ole pakollinen, ks manuaali esimerkiksi Pro 33.0: The inverter has an integrated DC and AC sensitive RCMU which can detect residual (fault and leakage) currents. If the residual current is over 300 mArms or a rapid rise of over 30 mArms is detected, the inverter disconnects from the grid. The inverter can generate leakage currents of up to 300 mA. The total operational leakage current depends on the operating conditions and on the type of PV module. Exact values for leakage currents cannot be given. If an external RCD is required by local regulations, use an RCD which has a nominal rating of 300 mA per connected inverter.

Voiko käyttöönoton tehdä pilvisenä päivänä tai pimeään aikaan?

On mahdollista, mutta invertterin käyttöönotto edellyttää V_{START} jännitetasoa ja jännitteen riittävän pitkää läsnäoloa. Vaihtoehtoisesti invertterin DC-puolta voidaan syöttää käyttöönottilanteessa soveltuvalla DC-jännitelähteellä.

Voiko string invertterin potentiaalivapaalla koskettimella ohjata kuormaa?

Voi, V_{START} tason voi valita kosketintiedoksi, mutta tarvitsee apureleen

Miksi verkkokoodi (grid code) pitää asettaa 24 tunnin aikana?

Sähköturvallisuus asia, on tiedettävä asetukset ennen kytkemistä, jolloin invertteri käyttäytyy vaatimustason mukaisesti

Voiko verkkokoodin muuttaa, jos koodi jäi asettelematta?

Kyllä, invertteri voidaan resetoida tehdasasetuksiin, mihin tarvitaan huolto salasana, tämän service password:in saaminen edellyttää rekisteröitymistä – manuaalissa ohjeet

Mitä tapahtuu jos PV-paneelien määrä on alimitoitettu?

Ei suositella, V_{START} tasoa voi joutua muuttamaan. PV-paneeleille optimimitoitus voidaan tehdä ABB Stringsizer web ohjelmalla, pieni ylimitoitus suositeltavampaa kuin alimitoitus.

Miten paljon PV-paneeleita voi olla kiinteässä asennustavassa?

Invertterin teho ilmoitetaan AC-tehona ja PV-paneelien teho voidaan mitoittaa kertoimella 1.1 - 1.2 x AC teho, koska kiinteässä asennustavassa PV-paneelivalmistajan nimellisarvoja vastaavaa optimiolosuhdetta harvoin saavutetaan (lisäksi järjestelmän mahdolliset häviöt). Huomioi tehon lisäksi paneeliketjun tuottama avoimen piirin kokonaisjännite (Voc). Älä ylitä invertterin, kaapeleiden tai komponenttien jännitekestoisuutta!

Onko tilanteita, missä invertteri ei ilmoita virhettä, muttei tahdistu verkkoon?

Kyllä, kun sähköverkon tila ei ole sallituissa rajoissa (jännite/taajuus)/jakelukatkos, tahdistuminen verkkoon vasta kun verkkokoodissa määritelty aika on kulunut ja vaatimustenmukaisuus on ok.

Voiko ulkomailla käytössä olleen invertterin asentaa Suomen sähköverkkoon?

Kyllä, jos verkkokoodi asetukset voi muuttaa ja sähköverkkoyhtiö hyväksyy esim. VDE 0126:n

Aiheuttaako invertteri häiriöitä muille laitteille?

Harmoninen särö on alle 3%, eli lähtösääntöisesti ei aiheuta (Total Current Harmonic Distortion <3%)

Miten varmistetaan että PV-järjestelmän voi kytkeä pääkeskukseen?

Jos as-build dokumentaatio on ajan tasalla ja päivittäinen huippukuorma ei ole maksimissa, pienempi PV-järjestelmä tyypillisesti onnistuu, kun keskukselta löytyy/asennetaan uusi liityntäpiste.

Isommissa PV-järjestelmissä suositellaan huippukuorman mittaamista ja keskuksen lämpökuvausta. Jos pääkeskuksessa ei ole vapaita liityntäpisteitä, voi olla tarpeen joko laajentaa pääkeskusta tai- haaroittaa pääkeskus suurvirtakaapeloinnilla ja asentaa uusi pienjännitekeskus soveltuvaan paikkaan, johon invertterit kytketään

Miten PV-paneelit asennetaan?

Kiinteä/ kelluva asennus, kohti etelää, 30 - 45 asteen kulmassa, telineille irti vesikatteesta- ilmarako, saman stringin (ketjun) paneelit ja samaan ilmansuuntaan ja kaltevuuteen. Tavoitteena voi olla myös paneelimäärän kasvattaminen suureksi, jolloin asennetaan pienempään kulmaan (myös tuulikuormat laskevat) varjostusvälin pienentämiseksi. Paneeleilla voidaan tehdä myös varjostuslippoja (jäähdytystarpeen vähentäminen) ja ne voidaan integroida julkisivuun.

Voiko yhdellä MPPT:llä varustettuun invertteriin kytkeä esimerkiksi aumakattoisen talon erisuuntaisille lappeille asennetut PV-paneelit?

Ei suositella, koska järjestelmä ei tuota maksimitehoa, kun eri suuntiin asennettujen paneeliketjujen jännitteet poikkeavat toisistaan lähes koko ajan.

Miksi suositellaan käyttämään saman invertterikoon monikertaa?

Etuna on, että tällöin useamman invertterin käyttöönotto on nopeampaa ja kaikissa sähkökuvissa on identtinen rakenne eli dokumentaation toteutus on helpompaa. Lisäksi tarvittaessa samanlaisen vaihtolaitteen käyttöönotto ja asetusten hallinta on helpompaa, kuin usealla erikokoisella invertterillä

9. PV-voimalaitoksen käyttäjän opas

Kokonaisjärjestelmän toimittajana on tyypillisesti EPC- tai sähköasennusyritys. Yhtenä keskeisenä osa-alueena järjestelmän toimittajana on toimittaa selkeä PV-voimalaitoksen käyttöohje, missä määritellään sähköturvallisuuteen liittyvät erityispiirteet sekä eri toimijoiden vastuurajat. Käyttäjän oppaaseen on tarkoituksenmukaista liittää järjestelmässä käytettyjen komponenttien käyttöohjeet, tuotekortit (datasheet) sekä kopio käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta ja kopio sähköverkkoyhtiön tehdystä ilmoituksesta PV-voimalan liittämiseksi sähköverkkoon.

Näitä aiheita on käsitelty standardissa: SFS-EN 62446-1:2016 Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönottotestit ja tarkastus ks. kappale 4 Järjestelmän dokumentointivaatimukset SFS 6000-7-712:2017 kohdassa 712.6.101 Tarkastukset ja testaus sanotaan: Standardi SFS-EN 62446-1 antaa lisävaatimuksia järjestelmän dokumentaatiolle, käyttöönottotesteille ja tarkastukselle.

Lisäksi käyttäjän oppaassa pitää olla toimintakuvaus – miten PV voimalaitos toimii ja miten käyttäjän tulee menetellä erikoistilanteissa. Seuraavassa on kuvattu esimerkki Käyttäjän oppaasta. Koska invertteri on PV-järjestelmän aivot ja sydän, on suositeltavaa, että invertterin välittömässä läheisyydessä on erillinen kaksipuoleinen A4 pika-ohje (Liite 9 A-B) laajemman käyttäjän ohjeen lisäksi.



Aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän opas
Pika-ohje

SÄHKUTURVALLISUUS
Päivänvalon voimakkuus on suhteellisen alhainen, mutta se voi aiheuttaa vahvan lämmön. Käsitellessä aurinkopaneelia on otettava huomioon, että aurinkopaneeli voi olla erittäin kuumaa. Käsitellessä aurinkopaneelia on otettava huomioon, että aurinkopaneeli voi olla erittäin kuumaa. Käsitellessä aurinkopaneelia on otettava huomioon, että aurinkopaneeli voi olla erittäin kuumaa.

Järjestelmän osat
Järjestelmä koostuu aurinkopaneelista, invertteristä ja sähköverkosta. Aurinkopaneeli on sijoitettu katon päälle, invertteri on sijoitettu katon alle ja sähköverkko on sijoitettu katon alle.



Aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän opas
Pika-ohje

Päivänvalon voimakkuus
Päivänvalon voimakkuus on suhteellisen alhainen, mutta se voi aiheuttaa vahvan lämmön. Käsitellessä aurinkopaneelia on otettava huomioon, että aurinkopaneeli voi olla erittäin kuumaa. Käsitellessä aurinkopaneelia on otettava huomioon, että aurinkopaneeli voi olla erittäin kuumaa.

Järjestelmän osat
Järjestelmä koostuu aurinkopaneelista, invertteristä ja sähköverkosta. Aurinkopaneeli on sijoitettu katon päälle, invertteri on sijoitettu katon alle ja sähköverkko on sijoitettu katon alle.

Pic. 19

Lyhyt ohjeistus PV-järjestelmän käyttäjän pika-ohje.

Aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän opas

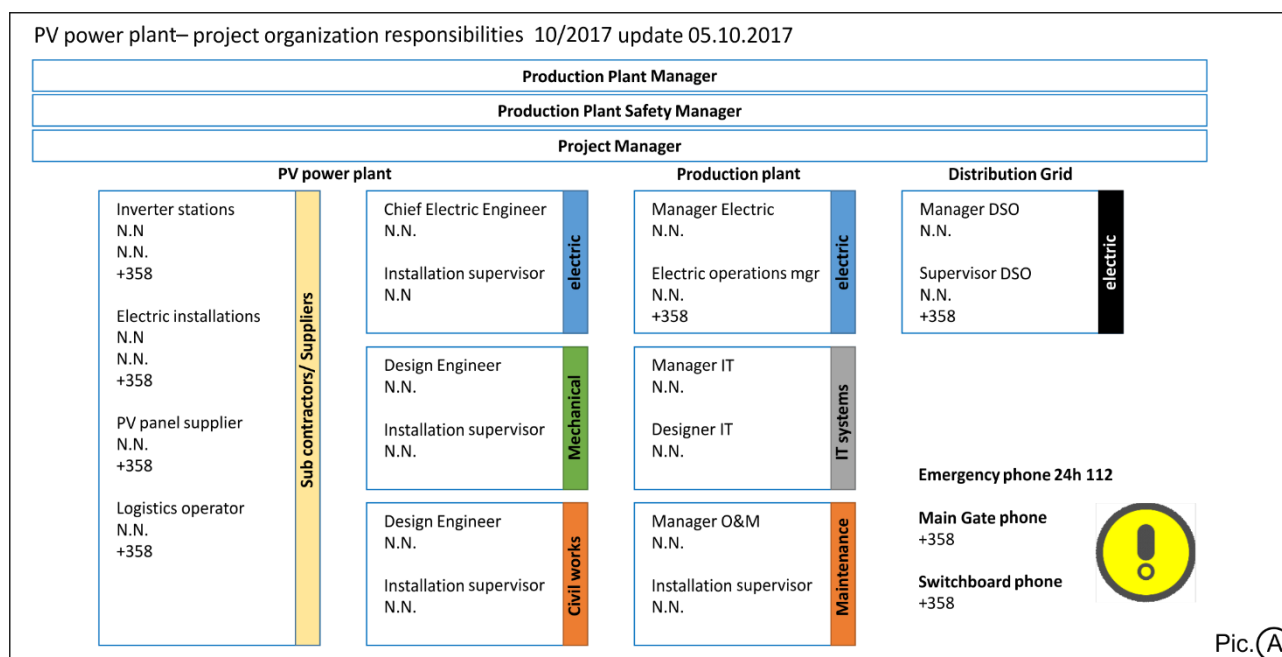
1. Johdanto
2. Sähköturvallisuus
3. PV-voimalan toiminta
4. Ylläpito
5. Toiminta erikoistilanteissa
6. Takuuehdot
7. Yhteystiedot
8. Järjestelmän osien käyttöohjeet ja tuotekortit

1. Johdanto

Onnittelut osallistumisesta energiamurrokseen!

Aurinkosähköjärjestelmällä on Suomessa mahdollista tuottaa uusiutuvaa energiaa vuosittain noin yhdeksän kuukautta. Suosittelemme perehtymistä tähän Käyttäjän oppaaseen ja oppaan säilyttämistä esimerkiksi invertterin (vaihtosuuntaaja) välittömässä läheisyydessä. Isommissa PV-voimaloissa tulee huomioida eri osa-alueiden toimitusrajat ja -vastuu, kuten kuvassa A on esitetty.

Vuoden 2016 aikana Suomeen asennettiin noin 10 MWp aurinkosähkön tuotantokapasiteettia ja arvio vuoden 2017 osalta on noin 20 MWp. Ennusteen mukaan verkkoonkytkettyjen PV-järjestelmien kokonaisteho on siis noin 40 MWp vuoden 2017 lopulla, kun lasketaan mukaan ennen vuotta 2016 rakennetut järjestelmät.



Projektiorganisaation rakenne isossa PV-voimala-projektissa

2. Sähköturvallisuus

PV-voimala poikkeaa luonteeltaan muista sähköverkkoon kytketyistä järjestelmistä kahdella tapaa: PV-järjestelmä tuottaa sähköä verkkoon päin ja toisaalta tuotanto on sidoksissa auringon säteilyn määrään.

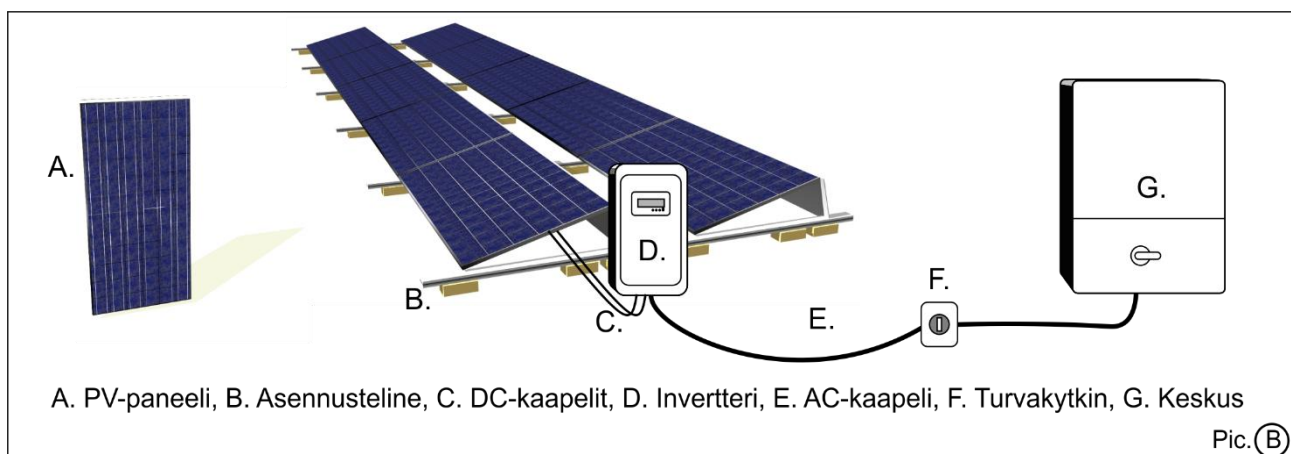
Järjestelmän omistaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että kaikki kytkentätyöt suorittaa S1/S2 sähkötoiden pätevyyden omaava yritys tai henkilö. Lisäksi järjestelmän omistajan tulee seurata, jos määräyksissä tulee uusia vaatimuksia muuttaa esimerkiksi keskuksia/kaapelointeja/kytkentöjä/laitteita - sähköturvallisuus syistä.

PV-järjestelmän tulee sisältää lukittava turvakytkin joka sijaitsee lukitsemattomassa tilassa, johon on sähköverkkoyhtiöllä vapaa pääsy. Turvakytkin on osa verkon ylläpitohenkilöstön työturvallisuutta.

Koska PV-paneelien jännitetaso on max 1000 VDC ja invertterin liityntäjännite 240 tai 400 V AC, on kaikki kytkentöihin liittyvä työ luvanvaraista ja sallittu vain S1/S2 sähköpätevyyden omaaville henkilöille. Jos omistaja havaitsee järjestelmässä merkittävän sähköturvallisuuteen liittyvän poikkeaman, tulee järjestelmä irrottaa sähköverkosta turvakytkimellä ja ilmoittaa takuuaajan puitteissa tämän oppaan yhteystiedoissa mainitulle taholle. Tilanne voi syntyä myrskyn, ukonilman, jakeluverkon kaapelivaurion tai muun ulkoisen tekijän aiheuttamana, jonka jälkeen PV-voimalaitos ei toimi suunnitellulla turvallisella tavalla. On myös mahdollista että järjestelmän jokin komponentti vikaantuu.

Koska kaapeleissa sekä invertterissä voi olla hengenvaarallinen jännite tai varaus, ei invertterin kantta saa avata turvallisuussyistä. Kannen saa avata vain riittävän kokemuksen ja koulutuksen saanut sähköalan ammattilainen. Invertterin kondensaattoreissa voi olla sähkövaraus, joten tulee odottaa vähintään 5-10 minuuttia, ja noudattaa varovaisuutta invertterin sisäosien, kuten riviliittimien johdinruuvien ja johdinten kytkennän yhteydessä.

Jos järjestelmässä on laitteeseen kytketty ulkoinen tiedonkeruuyksikkö (datalogger) sen jännitetaso voi olla +24 V DC, mikä ei ole hengenvaarallinen. Tiedonkeruuyksikölle on luvallista tehdä huoltotoimenpiteitä, edellyttäen, että on riittävät tiedot laitteen toiminnasta.



PV-järjestelmän käyttäjän opas PV-voimalan rakenne

3. PV-voimalan toimintakuvaus

PV-voimala koostuu PV-paneeleista (PV = Photovoltaics), asennustelineistä, tasa (DC) ja vaihto (AC) sähkökaapelista, invertteristä (vaihtosuuntaaja) sekä erilaisista mitta- ja suojalaitteista (kWh-mittari, varokkeet, kytkimet).

PV-paneelit on kytketty sarjaan eli ne ovat ketjuna. Yhden paneelin teho on esimerkiksi 270 W ja jännite 30 V DC. Kun PV-paneelit on kytketty sarjaan ja ketjussa on 10 – 20 paneelia, on jännite maksimissaan tasolla 1000 V DC, vaihdellen paneeliketjujen pituuksien mukaan.

Auringon säteilyn määrä vaihtelee päivittäin, kellonajan ja vuodenajan mukaan. Säteilyn määrän noustessa, paneeliketjujen jännite nousee. Kun sen taso ylittää invertterin V_{START} tason, tarkistaa invertteri, että sähköverkon tila on käyttöön otossa valitun verkkokoodin määritysten mukainen. Saman verkkokoodin mukaan invertteri seuraa verkkoa esimerkiksi 5 minuuttia, kunnes tahdistuu verkon 50 Hz referenssitajuuuteen.

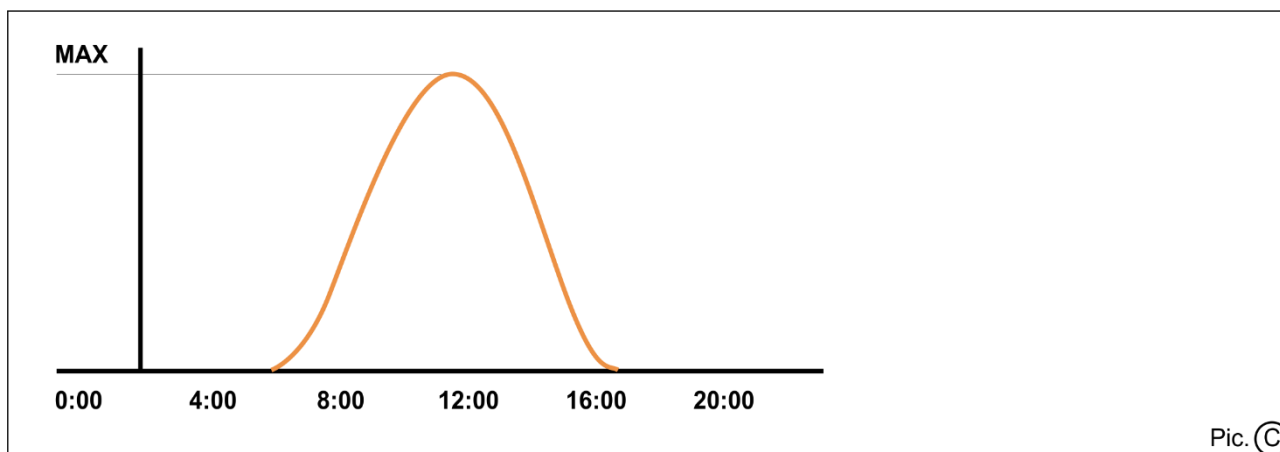
PV-järjestelmä toimii rinnakkain sähköverkon kanssa, joten se ei voi tuottaa virtaa esimerkiksi sähköverkon jakelun keskeytyksen (sähkökatkon) aikana. Invertterissä on verkkokoodin lisäksi saareketoiminnon esto (anti-islanding).

Vaikka invertterissä on paljon toimintoja, invertteri ei ole mittalaite, joten tuotannon tarkkaan mittaukseen tulee käyttää erillistä kWh-mittaria, jonka luontainen paikka on sähkökeskuksen kytkentäpisteen yhteydessä.

Invertterissä voi olla LCD näyttö, ledivalot tai molemmat. LCD näytössä on useita erilaisia symboleja ja numeerisia arvoja, joista selviää, missä tilassa järjestelmä on. Tyypillisesti LED valoilla indikoidaan invertterin tilaa. On erilaisia tilanteita, jolloin invertteri toimii, muttei syötä sähköverkkoon päin. Esimerkiksi, jos PV-paneeliston jännite on alle V_{START} arvon, ei järjestelmä tuota verkkoon päin, ja LCD näytössä voi olla Stand-by (valmiina) teksti, LED Power on vihreänä. Vastaavasti, jos sähköverkon arvot (taajuus ja jännite) poikkeavat verkkokoodin asetusarvoista invertteri ei syötä sähköä verkkoon. LCD näytössä voi edelleen lukea Stand-by tai Waiting Grid teksti, eikä näytössä ole virhe koodia, koska invertteri odottaa verkon läsnäolotietoa.

Vaikka invertteri on täysautomaattinen, on mahdollista että se ei käynnisty oikein myrskyn tai muun sähkönjakelun keskeytystilanteen jälkeen. Erikoistilanteiden jälkeen PV-voimalan omistajan velvollisuus on tarkistaa, että invertteri toimii normaalisti. Erityisesti niissä tilanteissa, jos invertteri ei ole yhdistetty etäseurannan piiriin tai jos PV-järjestelmälle ei ole ylläpito- huoltosopimusta. Etenkin pienemmissä PV-järjestelmissä tulee omistajan todentaa/korjata asetusvalikosta (settings menu) invertterin päivä ja aika oikeiksi, erityisesti keväisin, kun tuotanto alkaa uudelleen päivittäisen auringon säteilymäärien kasvaessa. Kello ja päivämäärä ovat keskeisessä roolissa, kun invertterin muistiin tallentuneet tapahtumatiedot käydään mahdollisen huoltokäynnin yhteydessä läpi. Tällöin voidaan verrata tapahtumien etenemistä esimerkiksi sähköverkon tapahtuma-horisonttiin.

Kiinteään asennustelineeseen asennetut PV-paneelit tuottaa päivittäin energiaa siten, että aamuisin ja iltaisin tuotto on pienempi ja päivän puolivälillä tuotto on suurimmillaan. Tuoton määrään vaikuttaa sekä paneelien asennuskulma, orientaatio (mihin ilmansuuntaan) sekä vuodenaika – päivän pituus sekä pilvisyys. Vuosittainen tuotanto vaihtelee tietyn vaihteluvälin puitteissa.



PV-järjestelmän päivittäisen tuottokäyrän maksimijankohta vaihtelee vuodenajan mukaan.

PV-voimalan käynnistys

PV-voimalan käynnistys: kun invertterin ja keskuksen välinen AC-turvakytkin on käännettynä OFF -asentoon ja invertteriin integroitu DC-kytkin OFF -asentoon, voidaan PV-voimala käynnistää siten että AC-turvakytkin käännetään ON -asentoon ja tämän jälkeen DC -kytkin ON -asentoon.

Kun invertteri saa verkkosähkön kytkemisen kautta ohjauspiirit toimimaan, seuraa se verkon arvoja ja aloittaa tuotannon verkkoon päin, kun verkkokoodin mukainen viive on kulunut ja auringon säteilyn määrä on riittävällä tasolla. Joten vaikka invertterin käynnistää, se ei välittömästi ala tuottamaan. Osa inverttereistä (string inverters) joissa on DC-kytkin, voidaan käynnistää myös siten että AC turvakytkin on OFF tilassa, jolloin invertterin LCD näytössä lukee esimerkiksi Missing Grid Stand-by.

4. Ylläpito

PV-järjestelmän PV-paneeliston puhdistus sujuu sateen anasiosta automaattisesti. Erityisen pölyisen ympäristön – hiekkatie, siitepölykausi – sekä kuivan kauden aikana paneelien päälle voi kertyä pölyä, mikä vaikuttaa tuottoon. Tällöin voi olla tarpeen puhdistaa paneelit paneelivalmistajan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi on mahdollista että esimerkiksi myrskyn jälkeen paneelien päällä on oksia, puiden lehtiä tai roskia. Ne tulee poistaa, jotta tuotanto pysyy päivittäisessä optimissa. PV-paneeliston silmämääräinen tarkistus asennustelineiden ja kaapeleiden osalta on syytä tehdä keväisin lumien sulettua ja syksyisin ennen lumen tuloa. Silmämääräinen tarkistus voi olla tarpeen useimminkin vaihdellen toimintaympäristön mukaan. Talvisin PV-paneelien päälle kerrostunutta lunta ei tarvitse poistaa, paneelit ja asennustelineet sekä kaapelit on suunniteltu kestäväksi näitä ääriolosuhteita. Jos lumi on talvisin poistettava katolta, esimerkiksi kattorakenteiden mitoituksen niin vaatiessa, on mahdollista erityistä varovaisuutta noudattaen, poistaa lumikerros paneelien päältä. Omistajan tulee huomioida että PV-paneelien takuu ei kata tilanteita, missä paneelien rakennetta on mekaanisesti vaurioitettu ylläpidon, ilkkivallan, myrskyn mukanaan tuoman kappaleen tai muun tapahtuman aiheuttamana.

Maastoasennustelineissä on tyypillisesti yksi tai useampi paneelirivi, vaihdellen paneeli- ja telinetyypin mukaan. Kiinteissä telineissä paneelien vuosittainen ylläpitohuolto on edellä kuvattua kaltaista. Maastoon asennetuissa järjestelmissä on lisäksi huomioitava jyrkemmässä asennuskulmassa sadeveden ja jään mahdolliset vaikutukset kaapelointeihin sekä kytkentäkoteloihin. Erityisesti kentälle asennetuissa kytkentäkoteloissa tulee kotelon tiiveys todentaa, kosteudesta aiheutuvien vuotovirtojen (leakage current) välttämiseksi. Kytkentäkotelon

saa avata erikoisavaimella vain riittävän perehdytyksen omaava henkilö, jolla on S1/S2 sähköpätevyys.

Kääntyvien asennustelineiden (tracker) osalta tulee ylläpidossa noudattaa telineiden valmistajan ohjeita laakeroinnin ja toimilaitteiden huoltokohteissa.

5. Toiminta erikoistilanteissa

Koska suurin osa PV-voimalan sähkömekaanisesta rakenteesta sisältää korkean jännitteen, tulee pääsääntöisesti erikoistilanteissa olla yhteydessä järjestelmän asentaneeseen toimijaan, tyypillisesti sähköasennus yritys tai kokonaisprojektitoimittaja, yhteystiedot on liitetty tähän ohjeeseen.

6. Takuuehdot

PV-voimalan takuun voimassaolon edellytyksenä on, että järjestelmän ylläpidossa on käytetty sähköalan ammattihenkilöä - S1/S2 -sähköpätevyyden omaavaa henkilöä tai yritystä, jolla on riittävä perehdytys järjestelmän osa-alueisiin. Takuu ei kata asennus- tai kytkentävirheitä tai virheitä, jotka johtuvat käyttöönoton jälkeen tehdyistä muutostöistä, jos niiden yhteydessä kytkennöissä on käytetty väärintyyppisistä materiaalia, kuten alimitoitettuja kaapeleita, suojuksia tai muita vastaavia komponentteja, eikä tilanteita, joissa järjestelmän kytkentäympäristö on aiheuttanut vikaantumisen, kuten myrsky, ukkonen tai kaapelivaurio tai muu vastaava. Takuu ei myöskään kata virheitä, jotka johtuvat: kunnossapidon laiminlyönnistä tai kunnossapidon virheellisestä toteutuksesta, normaalista kulumisesta tai huononemisesta, järjestelmän omistajan tai loppukäyttäjän huolimattomuudesta tai käyttöohjeiden vastaisesta käytöstä tai loppukäyttäjän riittämättömistä toimista mahdollisten toimintahäiriöiden aikana, verkon jännitearvojen poikkeamatilanteista, jäähdytysilman epäpuhtauksista, ylivoimaisesta esteestä tai muista järjestelmän toimittajasta riippumattomista syistä. Vian ilmetessä pitää vastuuhenkilön olla yhteydessä yhteystiedoissa mainittuun tahoon sekä sopia jatkomenettelystä 7 päivän sisällä tapahtuneesta. Järjestelmän toimittanut yritys voi harkinnan mukaan vaihtaa takuun alaisen osakokonaisuuden uuteen, mikäli järjestelmän toiminta on todistettavasti huonontunut tai estynyt esimerkiksi valmistus- tai materiaaliveirheen takia. Järjestelmän toimittaja ei vastaa omistajan tai kolmansien osapuolien järjestelmään tekemistä muutoksista tai korjaustöistä. Kyseiset muutokset tai korjaukset joita ei ole sovittu etukäteen järjestelmän toimittajan kanssa johtavat takuun raukeamiseen.

7. Yhteystiedot

Kohde on	Voimalaitos ☐ Liikerakennus ☐ Pientalo ☐
Kohteen osoite	
Kohteen omistaja	
Omistajan yhteystiedot	
PV-järjestelmän rakentaja	
Yhteystiedot/yhteyshenkilö	
Sähkötöiden johtaja	
Sähköverkkoyhtiön yhteystiedot	

8. Järjestelmän osien käyttöohjeet ja tuotekortit

Liitteenä PV-voimalassa käytettyjen osakokonaisuuksien käyttöohjeet ja tuotekortit.

[illegible]

ABB solar inverters

Product manual
PVS-50-TL / PVS-60-TL
(from 50 to 60kW)



The image shows a white, rectangular ABB solar inverter. It has a vertical seam down the middle, suggesting it can be opened. On the right side of the front panel, there is a small, recessed rectangular area with the ABB logo above it. The unit is mounted on four small, black, L-shaped feet. The background is plain white.

ABB

ABB

SOLAR INVERTERS

ABB string inverters

PVS-50/60-TL

— PVS-50/60-TL
string inverter

This new addition to the PVS string inverter family, with 3 Independent MPPT and power ratings of up to 60 kW, has been designed with the objective to maximize the ROI in large systems with all the advantages of a decentralized configuration for both rooftop and ground-mounted installations.

Compact design

Thanks to technological choices aimed at optimizing installation times and costs, the product design features the power module and wiring box enclosed in a single compact chassis thus saving installation resources and costs.

The inverter comes in multiple versions also allowing the possibility to connect to third-party DC string combiners.

Ease of installation

The horizontal and vertical mounting possibility creates flexibility for both rooftop and ground mounted installations.

Moreover the cover is equipped with hinges and locks that are fast to open and reduce the risk of damaging the chassis and interior components when commissioning and performing maintenance actions.

Advanced cloud connected features

Standard wireless access from any mobile device makes the configuration of inverter and plant easier and faster. Improved user experience thanks to a built-in user interface (UI) enables access to advanced

The PVS-50/60-TL is ABB's cloud connected three-phase string solution enabling cost efficient large decentralized photovoltaic systems for both commercial and utility applications.

Inverter configuration settings.

The installer for solar inverters mobile app and configuration wizard enable a quick multi-Inverter installation, saving up to 70% commissioning time.

Fast system integration

Industry standard Modbus (RTU/TCP)/SUNSPEC protocol enables fast system integration. Two ethernet ports enable fast and future-proof communication for IV plants.

ABB plant portfolio integration

Monitoring your assets is made easy, as every Inverter is capable to connect to ABB cloud platform to secure your assets and profitability in long term.

Highlights

- Up to 3 Independent MPPT - 50/60 kW power ratings
- Horizontal and vertical Installation
- Easy access to wiring box thanks to hinges and can latch positioned on cover
- Power module and wiring box in a single compact chassis
- Wi-Fi Interface for commissioning and configuration
- Reactive power management capability
- Remote monitoring and firmware upgrade via ABB Cloud platform (fogger free)
- Provides 10% extra power in case of reduced ambient temperature
- Improved operating altitude. Can work up to 4000 mt.
- Built-in dynamic export limitation control algorithm

Liite 1

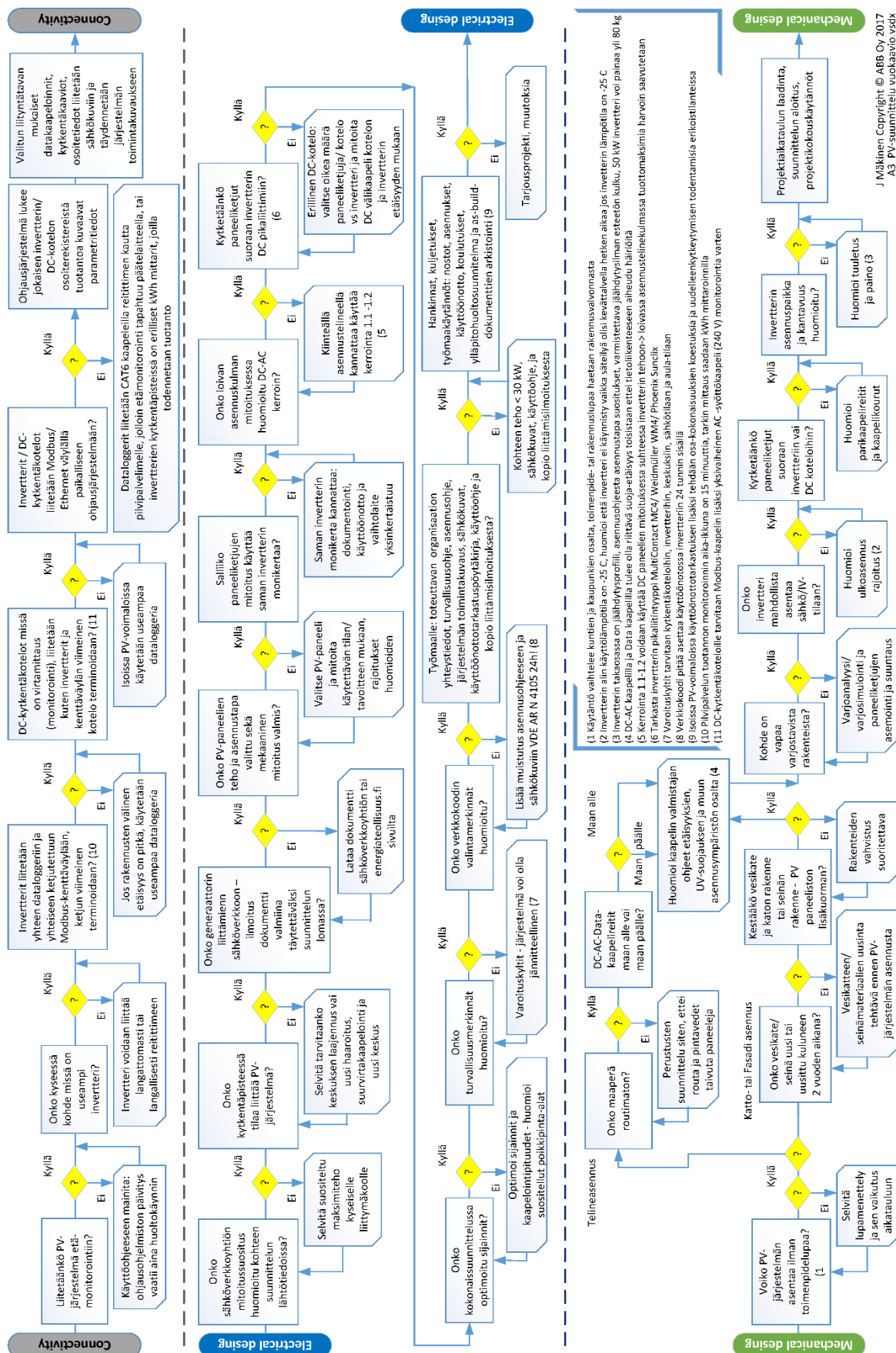
Esimerkki, String invertteriin asetetun verkkokoodin mukaiset invertterin sähköverkon monitoroinnin (grid monitoring) arvot.

VDE AR N 4105	activation time	set-up value
Over voltage level 1	160ms	264.5
Over voltage level 2	160ms	264.5
Under voltage level 1	160ms	184.0
Under voltage level 2	160ms	184.0
Over frequency level 1	120ms	51.5
Over frequency level 2	120ms	51.5
Under frequency level 1	120ms	47.5
Under frequency level 2	120ms	47.5
Re-connecting after LOM	60 sec	
Anti-islanding disconnection	5 sec	
Anti-islanding re-connection evaluate	1 sec	5%

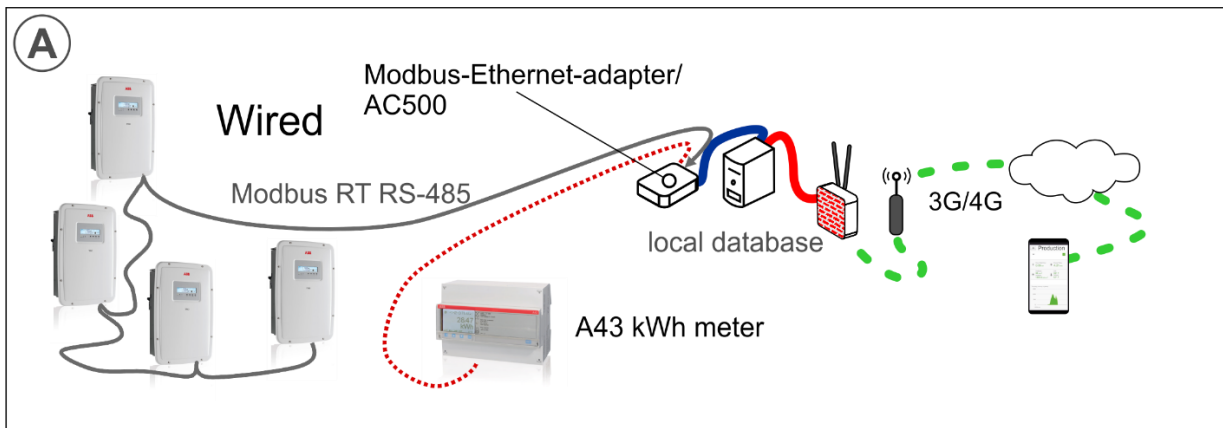
Esimerkki, keskusinvertterin verkon monitorointiarvot määritellään parametreina käyttöönoton yhteydessä.

Central inverter parameter	Value
UNDER FREQ 1 LIM	48 Hz
UNDER FREQ 2 LIM	48 Hz
UNDER FREQ 1 TIME	0.2 s
UNDER FREQ 2 TIME	0.2 s
OVER FREQ 1 LIM	51 Hz
OVER FREQ 2 LIM	51 Hz
OVER FREQ 1 TIME	0.2 s
OVER FREQ 2 TIME	0.2 s
UNDER VOLT 1 LIM	85 %
UNDER VOLT 2 LIM	85 %
UNDER VOLT 1 TIME	1 s
UNDER VOLT 2 TIME	1 s
OVER VOLT 1 LIM	110 %
OVER VOLT 2 LIM	110 %
OVER VOLT 1 TIME	0.2 s
OVER VOLT 2 TIME	0.2 s
CUT-IN CHECK ENA	OFF
CUT-IN FREQ LOW	47.5 Hz
CUT-IN FREQ HIGH	50.05 Hz
CUT-IN VOLT LOW	90 %
CUT-IN VOLT HIGH	110 %
CUT-IN DELAY	0 s

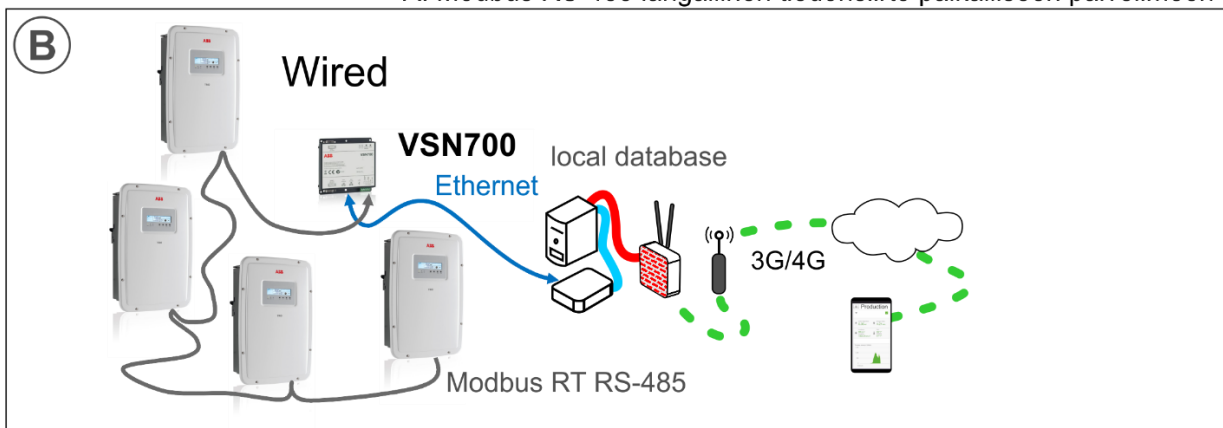
Aurinkosähkö osana energiamurrosta - PV-voimalan suunnittelijan opas
PV-voimala-projektin läpivienti



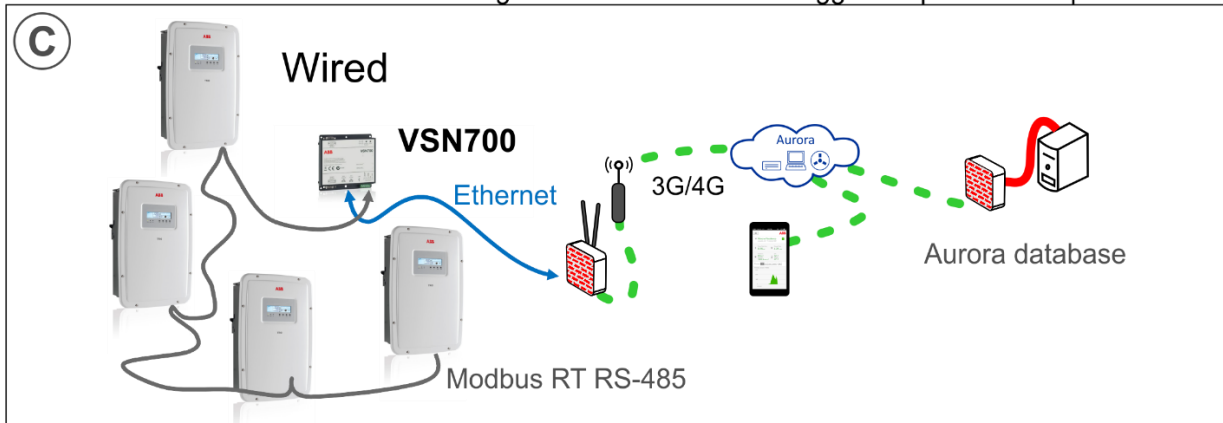
Liite 3



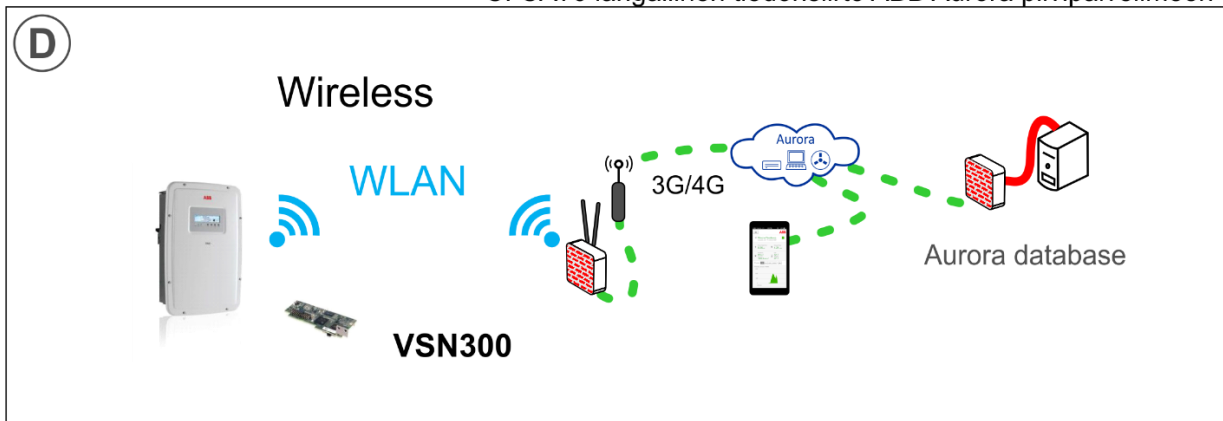
A. Modbus RS-485 langallinen tiedonsiirto paikalliseen palvelimeen



B. CAT6 langallinen tiedonsiirto Dataloggerista paikalliseen palvelimeen



C. CAT6 langallinen tiedonsiirto ABB Aurora pilvipalvelimeen



D. Langaton tiedonsiirto ABB Aurora pilvipalvelimeen

Liite 4



ABB Stringsizer - Configuration Report

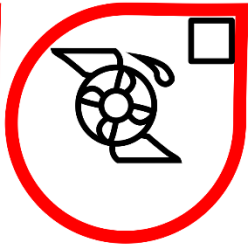
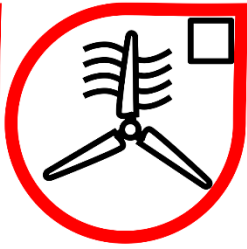
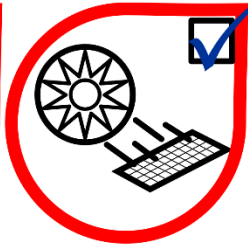
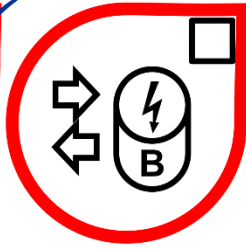
Location	Temperature (°C) Amb Cell	Mounting method
CONTINENT Europe	Minimum -20°C -20°C	Flush on roof
COUNTRY Finland	Average 6°C 41°C	
LOCATION Helsinki	Maximum 20°C 55°C	

Inverter Model PVS-50-TL (-SX / -SX2)	
Rated AC Power [kW]/ Rated AC Voltage [V] 50000 / 400	
Mppt Configuration INDEPENDENT MPPT (Num. MPPT ind.: 3)	
Total number of PV modules 180	
Installed DC Power (STC) [kW] 55800	
Notes	

PV Panel (manufacturer / model) SolarWorld / SW 310 MONO Pro-Series XL	
Technology	
STC Rated Power [W] 310	
Open Circuit Voltage - Voc [V] 45.4	
Short Circuit Current - Isc [A] 9.28	
Maximum Power Voltage - Vmp [V] 36.2	
Maximum Power Current - Imp [A] 8.64	
Temperature Coefficient - Voc [V/°C] -0.138	
Temperature Coefficient - Isc [mA/°C] 3.90	

	MPPT1	MPPT2	MPPT3
PV Panels/String	15	15	15
Number of Parallel Strings	4	4	4
Total number of PV modules	60	60	60
Notes			
Installed DC Power (STC) [kW]	18.60	18.60	18.60
Maximum Power/MPPT [kW]	19.30	19.30	19.30
PPV(INST)/MPPT/PMPTMAX	96.4%	96.4%	96.4%
PPV(INST)/PACR		111.6%	
PPV(INST)/PACMAX		101.5%	
PV Panel Max System Voltage [Vdc]	1000	1000	1000
Inverter Maximum Input Voltage [Vdc]	1000	1000	1000
String Open Circuit Voltage @-20°C [Vdc]	774.2	774.2	774.2
String Open Circuit Voltage @55°C [Vdc]	618.9	618.9	618.9
Inverter Activation Voltage (default) [Vdc]	420	420	420
Inverter Recommended Activation Voltage [Vdc]	Default (420)	Default (420)	Default (420)
String Max Power Voltage @-20°C [Vdc]	617.3	617.3	617.3
String Max Power Voltage @41°C [Vdc]	516.6	516.6	516.6
String Max Power Voltage @55°C [Vdc]	493.5	493.5	493.5
Inverter MPP Operating Range* [Vdc]	294 - 950	294 - 950	294 - 950
PV Array Max Short Circuit Curr. @55°C [Adc]	37.6	37.6	37.6
Inverter Max Short Circuit Current/MPPT [Adc]	55.0	55.0	55.0
PV Array MPP Current @55°C [Adc]	35.0	35.0	35.0
Inverter Max MPPT Input Current [Adc]	36.0	36.0	36.0
Notes legend	*) Range for MPPT operation considering the voltage default activation		

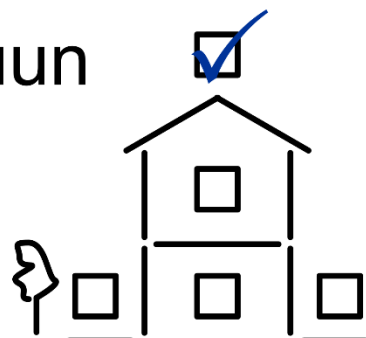
Liite 5

Huomio!

Kohteessa on hajautettuun sähköntuotantoon soveltuva laitteisto.

Turvakytkin / krs



Käyttöönotto 23.05.2019



Jännitteellinen 400 VAC!

Varoitusmerkintä esimerkki aula-tilaan



VAROITUS - KAKSOISSYÖTTÖ
RAKENNUKSEEN ON KYTKETTY
AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

JÄRJESTELMÄN TASASÄHKÖ-OSA ON
JÄNNITTEELLINEN VAIKKA SÄHKÖVERKKO
KYTKETÄÄN IRTI.

ENNEN SÄHKÖTÖIDEN ALOITTAMISTA
VARMISTA ETTÄ SEKÄ TASA- ETTÄ
VAIHTOJÄNNITTEET ON KYTKETTY IRTI.





VAROITUS!
JÄNNITTEELLINEN
KAKSOISSYÖTTÖ:

- SÄHKÖVERKKO
- AURINKOSÄHKÖ-
PANEELIT

ENNEN SÄHKÖTÖIDEN
ALOITTAMISTA

KYTKE IRTI MOLEMMAT
JÄNNITELÄHTEET





Sähkötilan liityntapisteen keskuksen ja invertterin merkintä esimerkit

Liite 6

ABB StringSizer - Configuration Report

Location	Temperature (°C)	Amb	Cell	Mounting method
CONTINENT Europe	Minimum -20°C	-20°C		Flush on roof
COUNTRY Germany	Average 19°C	54°C		
LOCATION Hamburg	Maximum 22°C	57°C		

Inverter Model UNO-DM-3.0-TL-PLUS-Q -B	
Rated AC Power [kW]/ Rated AC Voltage [V] 3000 / 230	
Mppt Configuration PARALLEL MPPT (Num. MPPT ind.: 1)	
Total number of PV modules 12	
Installed DC Power (STC) [kW] 3240	
Notes The selected inverter don't have string protection fuses on board. If it is proposed to design a photovoltaic generator in a group of three strings or more groups of three parallel strings, assess the inclusion of protection fuses of suitable size.	

PV Panel (manufacturer / model) SolarWorld / Sunmodule Plus SW 270 poly	
Technology	
STC Rated Power [W] 270	
Open Circuit Voltage - Voc [V] 39.1	
Short Circuit Current - Isc [A] 9.07	
Maximum Power Voltage - Vmp [V] 32.2	
Maximum Power Current - Imp [A] 8.48	
Temperature Coefficient - Voc [V/°C] -0.145	
Temperature Coefficient - Isc [mA/°C] 7.35	

	MPPT1	MPPT2
PV Panels/String	12	n/a
Number of Parallel Strings	1	n/a
Total number of PV modules	12	n/a
Notes	1	n/a
Installed DC Power (STC) [kW]	3.24	n/a
Maximum Power/MPPT [kW]	3.30	n/a
PPV(INST)/MPPT1/PMPTMAX	98.2%	n/a
PPV(INST)/PACR	108.0%	n/a
PPV(INST)/PACMAX	108.0%	n/a
PV Panel Max System Voltage [Vdc]	1000	n/a
Inverter Maximum Input Voltage [Vdc]	600	n/a
String Open Circuit Voltage @-20°C [Vdc]	547.5	n/a
String Open Circuit Voltage @57°C [Vdc]	413.5	n/a
Inverter Activation Voltage (default) [Vdc]	150	n/a
Inverter Recommended Activation Voltage [Vdc]	Default (150)	n/a
String Max Power Voltage @-20°C [Vdc]	450.7	n/a
String Max Power Voltage @54°C [Vdc]	344.9	n/a
String Max Power Voltage @57°C [Vdc]	340.7	n/a
Inverter MPP Operating Range* [Vdc]	105 - 580	n/a
PV Array Max Short Circuit Curr. @57°C [Adc]	9.3	n/a
Inverter Max Short Circuit Current/MPPT [Adc]	12.5	n/a
PV Array MPP Current @57°C [Adc]	8.7	n/a
Inverter Max MPPT Input Current [Adc]	10	n/a
Notes legend	*) Range for MPPT operation considering the voltage default activation; 1)- Number of parallel strings compatible with inverter connections.	

Liite 7

ABB StringSizer - Configuration Report

Location method	Temperature (°C)	Amb	Cell	Mounting
CONTINENT Europe	Minimum	-20°C	-20°C	Flush on roof
COUNTRY Finland	Average	6°C	41°C	
LOCATION Helsinki	Maximum	20°C	55°C	

Inverter Model TRIO-5.8-TL-OUTD -S	
Rated AC Power [kW]/ Rated AC Voltage [V] 5800 / 400	
Mppt Configuration PARALLEL MPPT (Num. MPPT ind.: 1)	
Total number of PV modules 22	
Installed DC Power (STC) [kW] 5940	
Notes The selected inverter don't have string protection fuses on board. If it is proposed to design a photovoltaic generator in a group of three strings or more groups of three parallel strings, assess the inclusion of protection fuses of suitable size.	

PV Panel (manufacturer / model) Trina Solar / TSM-270-PC05A	
Technology	
STC Rated Power [W] 270	
Open Circuit Voltage - Voc [V] 38.50	
Short Circuit Current - Isc [A] 9.20	
Maximum Power Voltage - Vmp [V] 31.00	
Maximum Power Current - Imp [A] 8.71	
Temperature Coefficient - Voc [V/°C] -0.123	
Temperature Coefficient - Isc [mA/°C] 4.60	

	MPPT1	MPPT2
PV Panels/String	22	n/a
Number of Parallel Strings	1	n/a
Total number of PV modules	22	n/a
Notes	1	n/a
Installed DC Power (STC) [kW]	5.94	n/a
Maximum Power/MPPT [kW]	6.05	n/a
PPV(INST)/MPPT/PMPTMAX	98.2%	n/a
PPV(inst)/PACR	102.4%	n/a
PPV(inst)/PACMAX	102.4%	n/a
PV Panel Max System Voltage [Vdc]	1000	n/a
Inverter Maximum Input Voltage [Vdc]	1000	n/a
String Open Circuit Voltage @-20°C [Vdc]	968.8	n/a
String Open Circuit Voltage @55°C [Vdc]	765.8	n/a
Inverter Activation Voltage (default) [Vdc]	350	n/a
Inverter Recommended Activation Voltage [Vdc]	Default (350)	n/a
String Max Power Voltage @-20°C [Vdc]	780.0	n/a
String Max Power Voltage @41°C [Vdc]	647.2	n/a
String Max Power Voltage @55°C [Vdc]	616.7	n/a
Inverter MPP Operating Range* [Vdc]	245 - 950	n/a
PV Array Max Short Circuit Curr. @55°C [Adc]	9.3	n/a
Inverter Max Short Circuit Current/MPPT [Adc]	24	n/a
PV Array MPP Current @55°C [Adc]	8.8	n/a
Inverter Max MPPT Input Current [Adc]	18.9	n/a
Notes legend	*) Range for MPPT operation considering the voltage default activation; 1)- Number of parallel strings compatible with inverter connections.	

Terms and Conditions of Use: By using this design tool you are agreeing that it is for estimating the string configurations that can be used with the ABB inverters only. ABB makes no claim as to its accuracy in predicting actual performance of your PV system or the inverter or its compliance with codes and standards in force at your project location. All configurations should be double-checked by a qualified engineer for compliance with the inverter operating parameters, and electrical codes and regulations in effect at the installation site. By using this tool, the user indemnifies ABB. from any and all consequential damages arising from its use.

Liite 8

Mitoitus esimerkki PVsize 4.0 MWp

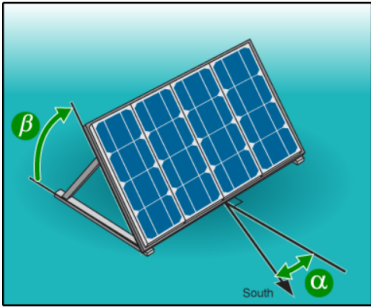
PVSize 2.2

File Help

Site setup

Location: Finland Jyväskylä Latitude: 62,24° Longitude: 25,75° Yearly total radiation: 881 kWh/m²
Altitude: 165 m

Assembly type: Fixed



α Azimuth: 0 β Tilt angle: 43

Configuration setup >

PVSize 2.2

File Help

< Site setup Jyväskylä, Finland, Fixed, azimuth: 0°, tilt: 43°

Configuration setup

PV module: Generic manufacturer GEM270-p-72c Specifications

Inverter: PVS800-57-0875kW-B Specifications

Transformer: ABB PVS800 EcoDry Ultra Disconnect at night Select... Specifications

Cabling losses: Low 1,0 %

Plant size target

☒ Nominal PV power: 4000 kWp

☐ Number of modules: 10200

Ambient temperature min: -25 °C

Ambient temperature max: 22 °C

Number of modules per string: 21 Range: 17 - 21

Number of parallel strings: 185

PV array Uoc max: 1092,11 V G = 1100 W/m² at Tamb = -25
Umpp min: 658,3 V G = 800 W/m²
Umpp max: 639,9 V G = 1100 W/m² at Tamb = 22
Imp max: 1616,92 A
Inverter power ratio Ppv/Pinv: 119,88 % at STC

PV dc power on each inverter: 1048,95 kWp / inverter
PV array Umpp min: 724,5 V at STC
Imp max: 1448,55 A

Number of inverters: 4
Number of modules: 15540 total, 3885 per inverter
Total nominal PV power: 4195,8 kWp

Calculate yields >

Geneerisellä 270 Poly aurinkopaneelilla, paneeliketjun pituus 21, rinnakkaisten paneeliketjujen määrä 185 / central invertteri, kun käytetään 24 ch DC-kytkentäkoteloa -> 185/24 -> 8 koteloa / central invertteri. PV-voiman kokonaisteho on kahdella PVS-IS kontilla 4195,8 kWp.

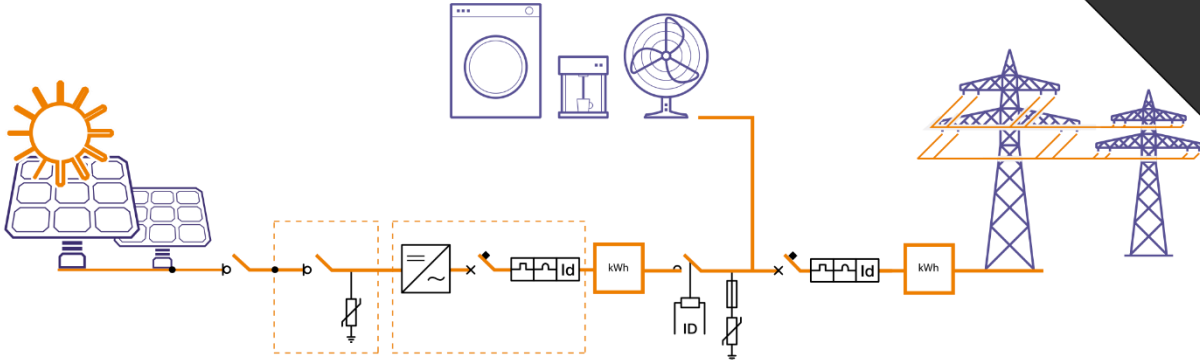
Liite 9 A

Aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän opas

Photovoltaics



Pika-ohje

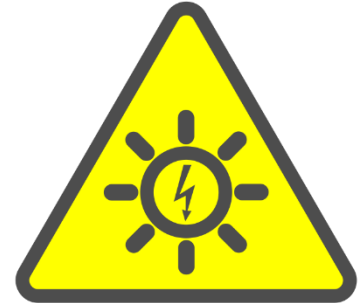


Sähköturvallisuus

PV-voimala poikkeaa luonteeltaan muista sähköverkkoon kytketyistä järjestelmistä kahdella tapaa: PV-järjestelmä tuottaa sähköä verkkoon päin ja toisaalta tuotanto on sidoksissa auringon säteilyn määrään.

Järjestelmän omistaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että kaikki kytkentätyöt suorittaa S1/S2 sähkötoiden pätevyys omaava yritys tai henkilö. Lisäksi järjestelmän omistajan tulee seurata, jos määräyksissä tulee uusia vaatimuksia muuttaa esimerkiksi keskuksia/kaapelointeja/kytkentöjä/laitteita - sähköturvallisuus syistä. PV-järjestelmän tulee sisältää lukittava turvakytkin joka sijaitsee lukitsemattomassa tilassa, johon on sähköverkkoyhtiöllä vapaa pääsy. Turvakytkin on osa verkon ylläpitohenkilöstön työturvallisuutta.

Koska PV-paneelin jännitetaso on max 1000 VDC ja invertterin liityntäjännite 240 tai 400 V AC, on kaikki kytkentöihin liittyvä työ luvanvaraista ja sallittu vain S1/S2 sähköpätevyyden omaaville henkilöille. Jos omistaja havaitsee järjestelmässä merkittävän sähköturvallisuuteen liittyvän poikkeaman, tulee järjestelmä irrottaa sähköverkosta turvakytkimellä ja ilmoittaa takuajan puitteissa tämän oppaan yhteystiedoissa mainitulle taholle. Tilanne voi syntyä myrskyn, ukonilman, jakeluverkon kaapelivaurion tai muun ulkoisen tekijän aiheuttamana, jonka jälkeen PV-voimalaitos ei toimi suunnitellulla turvallisella tavalla. On myös mahdollista että järjestelmän jokin komponentti vikaantuu.

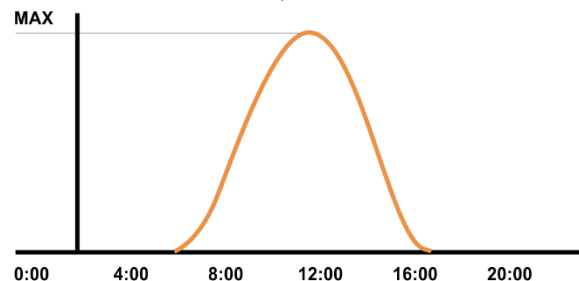


Koska kaapeleissa sekä invertterissä voi olla hengenvaarallinen jännite tai varaus päällä, ei invertterin kantta saa avata turvallisuus syistä. Kannen saa avata esimerkiksi riittävän kokemuksen ja koulutuksen saanut sähköasentaja. Invertterin kondensaattoreissa voi olla varaus, joten tulee odottaa vähintään 5-10 minuuttia, ja noudattaa varovaisuutta invertterin sisäosien, kuten riviliittimien johdinnuuvien ja johdinten kytkennän yhteydessä.

Järjestelmän toiminta

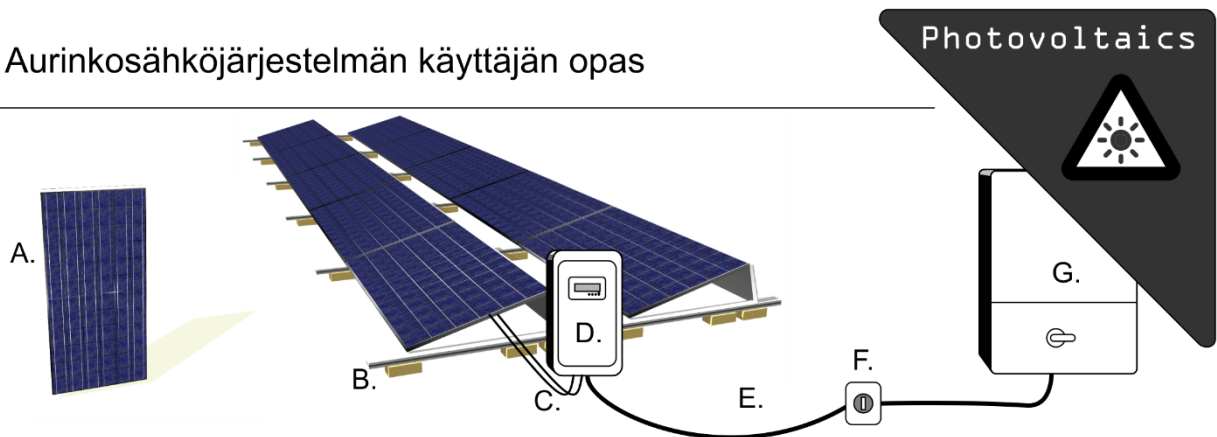
Auringon säteilyn määrä vaihtelee päivittäin, kellonajan ja vuodenajan mukaan. Säteilyn määrän noustessa, paneeliketjujen jännite nousee, kun sen taso ylittää invertterin V_{START} tason, tarkistaa invertteri, että sähköverkon tila on käyttöönotossa valitun verkkokoodin määritysten mukainen. Saman verkkokoodin mukaan invertteri seuraa verkkoa esimerkiksi 5 minuuttia, kunnes tahdistuu verkon 50 Hz referenssitajuuuteen.

PV-järjestelmä toimii rinnakkain sähköverkon kanssa, joten se ei voi tuottaa virtaa esimerkiksi sähköverkon jakelun keskeytyksen aikana. Invertterissä on verkkokoodin lisäksi saareketoiminnon esto (anti-islanding). Vaikka invertteri on täysautomaattinen, on mahdollista että se ei käynnisty oikein myrskyn tai muun sähköjakelun keskeytystilanteen jälkeen. Erikoistilanteiden jälkeen PV-voimalan omistajan velvollisuus on tarkistaa, että invertteri toimii normaalisti. Erityisesti niissä tilanteissa, jos invertteri ei ole yhdistetty etäseurannan piiriin tai jos PV-järjestelmälle ei ole ylläpito- huoltosopimusta. Etenkin pienemmissä PV-järjestelmissä tulee omistajan todentaa/korjata asetus valikosta (settings menu) invertterin päivä ja aika kohdalleen, erityisesti keväisin, kun tuotanto alkaa uudelleen päivittäisen auringon säteilymäärien kasvaessa. Kello ja päivämäärä ovat keskeisessä roolissa, kun invertterin muistiin tallentuneet tapahtumatiedot käydään mahdollisen huoltokäynnin yhteydessä läpi. Tällöin voidaan verrata tapahtumien etenemistä esimerkiksi sähköverkon tapahtuma-horisonttiin. Kiinteään asennustelineeseen asennetut PV-paneelit tuottaa päivittäin energiaa siten, että aamuisin ja iltaisin tuotto on pienempi ja päivän puoliväillä tuotto on suurimmillaan. Tuoton määrään vaikuttaa sekä paneelien asennuskulma, orientaatio (mihin ilmansuuntaan) sekä vuodenaika – päivän pituus sekä pilvisuus. Vuosittainen tuotanto vaihtelee tietyn vaihteluvälin puitteissa.



Liite 9 B

Aurinkosähkijärjestelmän käyttäjän opas



PV-voimalan rakenne A. PV-paneeli, B. asennusteline, C. DC-kaapeloinnit, D. DC-kytkentäkotelo/Invertteri, E. DC tai AC-kaapelointi, F. Turvakytkin, G. invertteri tai pienjännitekeskus.

PV-voimalan käynnistys normaalisti

PV-voimalan käynnistys: kun invertterin ja keskuksen välinen AC-turvakytkin on käännettynä OFF asentoon ja invertterin integroitu DC kytkin OFF asentoon, voidaan PV-voimala käynnistää siten että AC-turvakytkin käännetään ON asentoon ja tämän jälkeen DC kytkin ON asentoon. Kun invertteri saa verkkosähkön kytkemisen kautta ohjauspiirit toimimaan, seuraa se verkon arvoja ja aloittaa tuotannon verkkoon päin kun verkkokoodin mukainen viive on kulunut ja auringon säteilyn määrä on riittävällä tasolla. Joten vaikka invertterin käynnistää, se ei välittömästi ala tuottamaan. Osa inverttereistä (string inverters) missä on DC-kytkin, voidaan käynnistää myös siten että AC turvakytkin on OFF tilassa, jolloin invertterin LCD näytössä lukee esimerkiksi Missing Grid Stand-by.



Erikoistilanteissa

Jos järjestelmä ei toimi normaalisti, ota takuuajana ensisijaisesti yhteys järjestelmän asentaneeseen yritykseen. Huomioi että järjestelmän asentaneen yrityksen ja omistajan välillä ei ole tyypillisesti kirjallista huoltosopimusta. PV-voimalan takuun voimassaolon edellytyksenä on, että järjestelmän ylläpidossa käytetään sähköalan ammattihenkilöä - S1/S2 -sähkötävyden omaavaa henkilöä tai yritystä, jolla on riittävä perehdytys järjestelmän osa-alueisiin. Huomioi että takuu ei ole huoltosopimus. Takuu ei kata mitään välillisiä tai epäsuoria vahinkoja, kuten tuotannon menetyksiä. Takuu ei myöskään kata niitä kustannuksia, joita syntyy laitteen tai sitä ympäröivän muun omaisuuden irrotus- ja asennustöistä, kuljetuskustannuksia eikä kuljetuksenaikaisten vakuutusten kustannuksia.

Järjestelmälle annettu takuu ei kata asennus- tai kytkentävirheitä tai virheitä, jotka johtuvat käyttöönoton jälkeen tehdyistä muutostöistä, jos niiden yhteydessä kytkennöissä on käytetty väärintyyppisiä materiaaleja, kuten alimitoitettuja kaapeleita, suojausosia tai muita vastaavia komponentteja, eikä tilanteita, joissa järjestelmän kytkentäympäristö on aiheuttanut vikaantumisen, kuten myrsky, ukkonen tai kaapelivaurio tai muu vastaava.

Takuu ei myöskään kata virheitä, jotka johtuvat: kunnossapidon laiminlyönnistä tai kunnossapidon virheellisestä toteutuksesta, normaalista kulumisesta tai huononemisesta, järjestelmän omistajan tai loppukäyttäjän huolimattomuudesta tai käyttöohjeiden vastaisesta käytöstä tai loppukäyttäjän riittämättömistä toimista mahdollisten toimintahäiriöiden aikana, verkon jännitearvojen poikkeamatilanteista, jäähdytysilman epäpuhtauksista, ylivoimaisesta esteestä tai muista järjestelmän toimittajasta riippumattomista syistä.

Yhteystiedot

Kohde on	Voimalaitos ☐	Liikerakennus ☐	Pientalo ☐
Kohteen osoite			
Kohteen omistaja			
Omistajan yhteystiedot			
PV-järjestelmän rakentaja			
Yhteystiedot/yhteyshenkilö			
Sähkötöiden johtaja			

Memory circuit

[illegible]