



SESKO

Aurinkosähköjärjestelmän turvallisuus – Laite- ja järjestelmänäkökulma

2.10.2023

Arto Sirviö, Ryhmäpäällikkö, komitean SK 82 sihteeri



Mitä on aurinkosähköjärjestelmän turvallisuus?

Mitä on turvallisuus?

→ vapaus sellaisista riskeistä, joita ei voida hyväksyä

Mitä on sähköturvallisuus?

Kansainvälisen standardointijärjestön IEC:n määritelmä löytyy standardista IEC 60050-195:

IEV ref 195-01-20 [[IEC Electropedia](#)]

electrical safety

freedom from risk that is not tolerable and which is caused by electricity

Aurinkosähköjärjestelmän turvallisuus voitaisiin määritellä esim.:

freedom from risk that is not tolerable and which is caused by photovoltaic system

Miten saavutetaan aurinkosähköjärjestelmän turvallisuus?

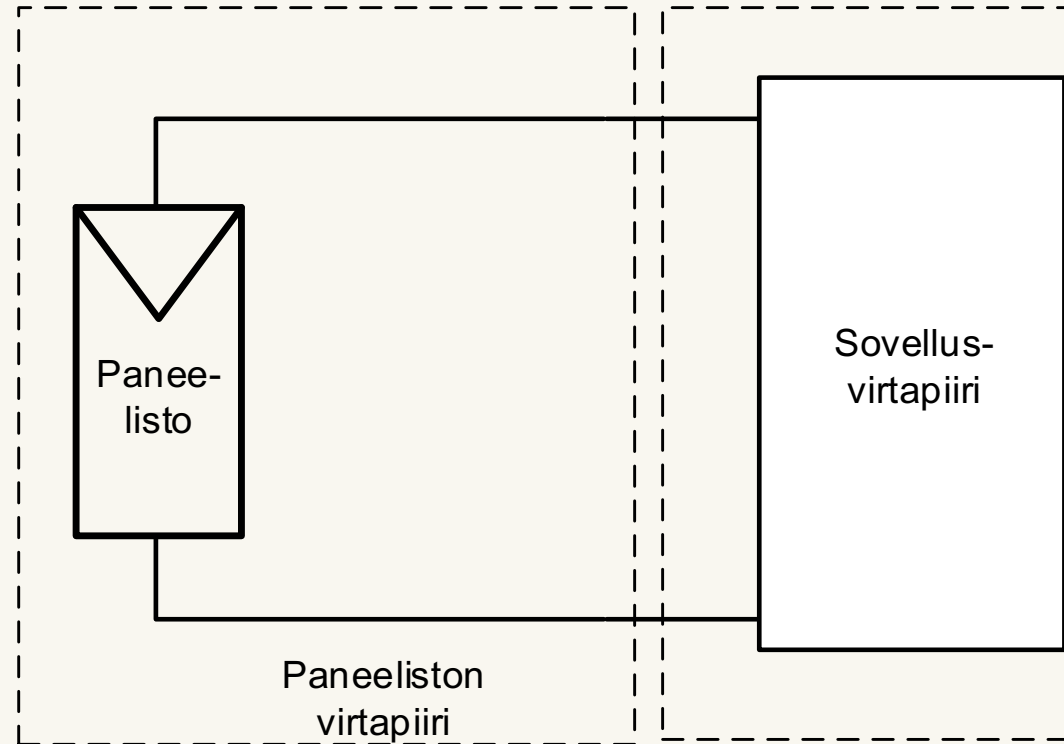
Olisiko standardeista apua?

”Sähköverkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien turvallisuusvaatimukset riippuvat järjestelmän vaihtosuuntaajista, joiden tulee täyttää standardien IEC 62109-1 ja IEC 62109-2 vaatimukset. [[IEC 62548:2016:fi](#)]”

”Aurinkosähköjärjestelmiä pidetään yleensä ottaen turvallisina, kun noudatetaan asiaankuuluvia tuote- ja asennusstandardeja. [[IEC/TR 63226:fi](#)]”

”Yleensä sähköverkkoon liitettyjen aurinkosähköjärjestelmien oletetaan tarvitsevan vähän kunnossapitoa. Kuitenkin valvonnan ja kunnossapidon vähimmäistaso on kriittinen tulipalojen ehkäisemiseksi ja turvallisuuden varmistamiseksi. [[SFS-EN IEC 62446-2:2020](#)]”

Aurinkosähkölaitteisto



Sovellusvirtapiiri:

- tasasähkökuorma
- PCE esim. vaihtosuuntaja

Aurinkosähkölaitteiston yleinen toiminnallinen kokoonpano [[IEC 62548:2016:fi](#)]

Aurinkosähköpaneeliston tarkastelua

Jäsentely:

- aurinkosähköpaneelisto
- paneeliketju
- osapaneelisto
- vaihtovirtapaneeli.

Asennustavat:

- rakennukseen asennetut
- rakennukseen integroidut
- maatalineeseen asennetut
- aurinkoseuraimiin asennetut
- kelluviin perustuksiin asennetut.

Aurinkosähköpaneelit:

- yksipuoliset
- kaksipuoliset.

Vaihtosuuntaus:

- keskusvaihtosuuntaaja
- paneeliketjuvaihtosuuntaaja
- hajautettu (DCU + PCE)
- mikrovaihtosuuntaaja.

“Järjestelmäarkkitehtuuri”:

- DC-osa: maadoitus (on/ei)
- AC-osa: maadoitus (on/ei)
- PCE erotettu/erottamaton.

Paneeliteknologiat:

- Piikide
- Amorfinen pii
- Kadmium-telluride
- Cu(In,Ga)(S,Se)_2 .

[[IEC 62548:2016](#), [IEC/TS 62738:2018](#), [SFS-EN IEC 61215:2021](#)]

Aurinkosähkölaitteiston suunnittelu

Esimerkkejä aurinkosähköstandardeissa mainituista suunnittelussa huomioitavista asioista:

- kohteen riskien arviointi
- paneeliston "arkkitehtuuri"
- paneelityyppi ja paneeliston jäsentely
- asennustapa
- asennusympäristön materiaalit
- vaihtosuuntaus (mikro, ketju, keskus)
- suojaustoiminnot
- erotuskeinot
- DC-kaapeloinnin reititys
- hätätilanteet
- suorituskyvyn valvonta
- PID-ilmiön mahdollisuus

Aurinkosähköpaneeliston suunnittelu

IEC 62548:2016:fi Aurinkosähköpaneelistot. Suunnitteluvaatimukset

- soveltamisala aurinkosähköpaneelistot $P_{STC} > 100 \text{ W}$ ja $U_{OC \text{ ARRAY}} > 35 \text{ V DC}$

IEC TS 62738:2018 Ground-mounted photovoltaic power plants - Design guidelines and recommendations

- erityispiirteet: mekaaninen suunnittelu, kaapelointi, sähkölaitteiden valinta ja asentaminen

IEC/TR 63226:2021:fi Rakennukseen asennetun aurinkosähkön paloriskien hallinta

- kohteen riskien arviointi, rakennuksen ominaisuudet ja käyttötarkoitus (rakenteet, materiaalit, jne.), palopelastajien työturvallisuus, riskien alentamistoimenpiteet, jne.

IEC TS 63496 ED1 Floating photovoltaic power plants - Design guidelines and recommendations (82/2106/NP)

IEC 62548-1 ED1 Photovoltaic (PV) arrays - Part 1: Design requirements (2023-11)

Aurinkosähkölaitteiston sähköasennukset

[SFS 6000-7-712:2022](#) Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät

Osa 7-712 muuttaa seuraavia yleisiä osia:

- Suojaus sähköiskulta (4-41)
- Suojaus lämmön vaikutuksilta (4-42)
- Ylivirtasuojaus (4-43)
- Suojaus jännite- ja EMC-häiriöiltä (4-44)
- Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen - Yleiset (5)
- Johtojärjestelmät (5-52)
- Erottaminen, kytkentä ja ohjaus (5-53)
- Maadoittaminen ja suojajohtimet (5-54)
- Tarkastukset (6)

Erityisasennusten vaatimukset lisäävät, muuttavat ja korvaavat määrättyjä SFS 6000 standardin yleisiä osia, jotka ovat olleet voimassa tämän osan julkaisuajankohtana. Jos ei ole olemassa viittausta tietyn yleisen osan tai kohdan muuttamisesta, vastaavat yleisen osan kohdat ovat voimassa.

Aurinkosähkölaitteiston käyttöönotto tarkastus

[SFS-EN 62446-1:2016 + A1:2018](#) Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönottotestit ja tarkastus

Kategorian 1 testit tehdään kaikille aurinkosähkölaitteistojen tasasähköosille:

- suojamaadoitusjohtimien ja tai potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaus, missä on käytetty.
- napaisuuden testaus
- liitäntäkeskuksen testaus
- paneeliketjun tai HSA-osapaneeliston avoimen piirin jännitteen mittaus
- paneeliketjun tai HSA-osapaneeliston virran mittaus (oikosulku tai normaalikäyttötilanne)
- toiminnalliset testit
- tasasähköpiirien eristysresistanssin mittaus.

Huom. mikrovaihtosuuntaajien, DCUn tai vaihtovirtapaneelien käyttö vaikuttaa käyttöönottomittauksiin.

Tarvittaessa kategorian 2 testit ja/tai lisätestit.

[Tukes - Luettelo S10-2023](#)

Aurinkosähkölaitteiston kunnossapitotarkastus

SFS-EN IEC 62446-2:2020 Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Aurinkosähköjärjestelmän kunnossapito

- kunnossapitotarkastukset
- suorituskykyyn perustuva kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- ohjeita vianselvitykseen
- sähkötyöturvallisuus
- erotusmenettelyt
- laitoksen kunnossapitosuunnitelma:
 - perustoimenpiteet järjestelmän komponenteille ja liitännöille
 - luotettavuuden, turvallisuuden sekä tulipaloja ehkäisevät tarkastelut
 - toimenpiteet korjaavaan kunnossapitoon sekä vianetsintään
 - työntekijöiden turvallisuus.

Aurinkosähköjärjestelmän vikasuojaus (järjestelmä/asennusvaatimus)

Sähköverkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän maadoitusvian havaitseminen ja R_{ISO} mittaaminen riippuu PCE:n rakenteesta ja aurinkosähkögeneraattorin maadoituskonseptista

[Lähteet: [IEC 62548:2016:fi](#), [IEC 60364-7-712](#), IEC 62109-2,...]:

- tasasähköosassa toiminnallinen maadoitus (kyllä/ei)
- PCE:n rakenteessa tai jälkeen muuntaja (kyllä/ei)
- vaihtosähköosassa maadoitus (kyllä/ei).

[SFS-EN IEC 63112:2021](#) Photovoltaic (PV) arrays - Earth fault protection equipment - Safety and safety-related functionality:

- suojaus voidaan toteuttaa erillisellä laitteella tai PCE:ssä
- järjestelmäkaaviot
- vikavirtapiirit
- raja-arvot ja testit
- aiheen taustoitukset ja käsittely muissa standardeissa.

SFS 6000-7-712:2022 Suojaus lämmön vaikutuksilta

712.420.101 Aurinkosähkögeneraattorin turvallisuus

Vaihtosuuntaajien ja tasasähköerotuskytkimien taustalla ja alla on oltava palamatonta materiaalia esim. sementtikuitulevyä, ellei asennusalusta itsessään ole palamaton. Mikäli palamaton materiaali on hyvin lämpöä johtavaa, tulee materiaalin ja puurakenteisen asennusalustan väliin jättää vapaa tuulettuva ilmatila, jonka avulla estetään lämpöjohtumisesta johtuvasta pyrolyysistä aiheutuva asennusalustan suurempi syttymisherkyys.

SFS 6000-7-712:2022 Sähköiset liitokset

712.526.101 Tasasähköosan liitokset

Tasasähköosan liittimien on täytettävä tuoteturvallisuusstandardin SFS-EN 62852 vaatimukset.

Tasasähköosan pistokytkimien ja liittimien on oltava samaa tyyppiä ja samalta valmistajalta.

Yhdessä liitoksessa ei saa käyttää eri valmistajien tuotteita.

HUOM. [SFS-EN 62852:en](#) ei määrittele liittimien mittoja, toleransseja, kontaktien metalliseoksia. Julkaisussa [IEC TR 63225:2019](#) *Incompatibility of connectors for DC-application in photovoltaic systems* on selitetty eri valmistajien DC-liittimien yhteensopimattomuuden taustatiedot sekä asiat, joista liitoksen tekijän tulisi olla tietoinen ja miten asia voi vaikuttaa laitteiston omistajiin, vakuutusyhtiöihin, urakoitsijoihin ja laitevalmistajiin

SFS 6000-7-712:2022 Erottaminen ja kytkentä

712.537.2 Erottaminen

Vaihtosuuntaajan huollon ja vaihtamisen mahdollistamiseksi on oltava erotuslaitteet, joilla vaihtosuuntaaja voidaan erottaa tasasähköosasta ja vaihtosähköosasta.

712.537.2.2 Erotuslaitteet

712.537.2.2.101 Aurinkosähkövaihtosuuntaajan tasasähköpuolella on oltava sopiva erotuskytkin tai erottamiseen soveltuva katkaisija.

Tasasähköpuolella olevat erotuskytkimet tai katkaisijat voivat olla joko sisäänrakennettuna vaihtosuuntaajaan tai erillisiä laitteita.

Jos käytetään erillisiä erotuskytkimiä, niiden on täytettävä standardin SFS-EN IEC 60947-3: 2021 liitteessä D esitetyt käyttöluokan DC-PV vaatimukset.

Aurinkosähköpaneeliston kytkinlaitteet

Kytkinlaitteiden tuotestandardi:

[SFS-EN IEC 60947-3:2021:en](#) *Low-voltage switchgear and controlgear - Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

Standardi:

- on yhdenmukaistettu pienjännitedirektiiviin [2014/35/EU](#) ([OJ L 457](#), 2021-12-20)
- määrittelee aurinkosähkösovellusten laiteluokat: DC-PV0, DC-PV1 ja DC-PV2
- luokka kertoo mm. kytkinlaitteen virrankatkaisukyvyn
- luokkia käytetään aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu- ja asennusstandardeissa.

Aurinkosähköpaneelien turvallisuus

Pienjännitedirektiivin [2014/35/EU](#) yhdenmukaistetut standardit *EN IEC 61730-1:2018 ja EN IEC 61730-2:2018*.

[SFS-EN IEC 61730-1:2018:en](#) asettaa sähkötekniset ja mekaaniset vaatimuksia aurinkosähköpaneelin rakenteelle:

- suojaus sähköiskulta, palovaaralta sekä mekaaniselta ja ympäristön rasituksista johtuvilta henkilövahingoilta
- laiteluokat (0-III), eristyskoordinaatio, ylijännitekategoriat, materiaalityypit, tuotteen dokumentaatio, merkinnät, nimikirjoitus.

[SFS-EN IEC 61730-2:2018:en](#) määrittelee turvallisuuden kelpuutuksessa sovellettavat testit

- 32 testiä (MST), sisältää perustarkastuksen, suojauksen sähköiskulta, palovaarat, mekaanisen rasituksen sekä ympäristön rasitukset

Uudet painokset [IEC 61730-1:2023](#) ja [IEC 61730-2:2023](#)

- paljon muutoksia esim. kaksipuoleiset paneelit, rakenteen lämpötilan tieto, merkinnät, luokitukset, dokumentaatio, asennusympäristö, ohjeita turvakertoimille (K_1 ja K_U , ks. [uutinen](#))
- liitintyyppien ja valmistajan tiedot.

PCE-laitteiden turvallisuus

[SFS-EN 62109-1:en](#) asettaa kaikkien PCE-laitteiden yleiset turvallisuusvaatimukset:

- suojaus sähköiskulta, tulipalolta, sekä muilta vaaroilta (mekaaninen, energia, jne.)
- yhdenmukaistettu jännitedirektiivin [2014/35/EU](#)

[SFS-EN 62109-2:en](#) asettaa aurinkosähkövaihtosuuntaajien vaatimukset:

- aurinkosähköjärjestelmän vaihtosuuntaajaa (grid-interactive, stand-alone) koskevat turvallisuusvaatimukset
- yhdenmukaistettu jännitedirektiivin [2014/35/EU](#)

[IEC 62109-3:2020](#) asettaa vaatimukset aurinkosähköpaneeliin integroidulle elektroniikalle:

- aurinkopaneeleihin liitetyt laitteet (DC/DC or DC/AC power conversion, active diodes, protection, control, monitoring, or communication)

[IEC 62109-1 ED2](#) ja [IEC 61209-1 ED2](#) valmisteilla

paljon muutoksia esim. käsite *total back feed current* I_{BF}

Sähkökeskukset

Sähkökeskusstandardi

[SFS-EN IEC 61439-2:2021:en](#) *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*

Standardi:

- huomioi aurinkosähkösovellusten vaatimukset
- luottelo asiakkaan ja toimittajan välillä sovittavista parametreistä
- keskussuunnittelun tarkistuslista
- harmonisointi pienjännitedirektiiviin [2014/35/EU](#) on kesken.

IEC-komitea SC 121B valmistelee standardia:

[IEC 61439-8 ED1](#) *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 8: Assemblies for use in photovoltaic installations*

SESKO SK 82 Aurinkosähköjärjestelmät

SESKOn komitean SK 82 osallistuu aurinkosähkön kansainväliseen ([IEC TC 82](#)) ja eurooppalaiseen ([CLC/TC 82](#)) standardointityöhön.

Esimerkkejä aurinkosähkön ajankohtaisista standardointiaiheista

Perusasiat:

- aurinkosähkön käsitteet
- aurinkosähkölaitteen spektrivasteen määrittäminen
- bifacial-laitteen *I-V*-ominaisuuksien määrittäminen

Järjestelmä:

- aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu
- kelluvat paneelistot
- käyttöönottotestit
- suorituskykytarkastelu (teho/energia)
- laitoksen *I-V*-ominaisuuksien määrittäminen
- paneeliston lämpökuvaus
- paneeliston EL-kuvaus

Paneelit:

- aurinkosähköpaneelin kelpuutustestit
- aurinkosähköpaneelin turvallisuus
- aurinkosähköpaneelin energialuokitus
- paneelin kiinnitysvarusteet
- materiaalin ominaisuuksien määrittäminen
- aurinkoseuraajat

BOS-komponentit:

- PCE-laitteen turvallisuus
- PCE-laitteen EMC
- PCE-laitteen hyötysuhde
- PCE-laitteen FRT
- PCE-laitteen sähkönlaatu
- sähköverkkoon liittäminen
- valokaarivikasuojaus

SESKOn aurinkosähköuutisia

- 14.4.2023 Aurinkosähkömittausten lämpötilan ja säteilyolosuhteen korjausmenetelmät ([linkki](#))
- 3.2.2023 Aurinkosähkölaitteiston käyttöönottotarkastukset ([linkki](#))
- 20.1.2023 Aurinkosähkölaitteiden yhteensopivuudessa huomioitavia asioita ([linkki](#))
- 2.9.2022 Aurinkosähköasennusten SFS 6000-7-712 päivittyi ([linkki](#))
- 21.6.2022 Standardijulkaisu aurinkosähkölaitteiston lämpökuvaukseen ([linkki](#))
- 15.12.2021 Aurinkosähkövaihtosuuntaajien standardoituja tuotetietoja ([linkki](#))
- 13.12.2021 Aurinkosähköpaneeliston vikasuojaus ([linkki](#))
- 14.6.2021 Uusi julkaisu antaa työkaluja aurinkosähköjärjestelmien paloriskien hallintaan ([linkki](#))
- 12.8.2021 Energiateollisuus ry:n suositus sähkön pientuotannon teknisiksi vaatimuksiksi on uusittu ([linkki](#))
- 22.6.2021 Mittausmenetelmä aurinkosähkölaitteen sähkösuureille ([linkki](#))
- 20.4.2021 Uudistettu standardi: aurinkosähköpaneelin kelpuutus ja tyyppihyväksyntä ([linkki](#))
- 2.11.2020 Aurinkosähköjärjestelmän kunnossapitostandardi julkaistu suomeksi ([linkki](#))
- 21.4.2020 Aurinkosähkömittausten lämpötilan ja säteilyolosuhteen korjausmenetelmät ([linkki](#))
- 0.12.2018 Aurinkosähköpaneelien turvallisuusvaatimukset ([linkki](#))
- 18.12.2018 Aurinkosähköjärjestelmän suorituskyky ([linkki](#))
- 27.11.2018 Muutos aurinkosähkölaitteiston tarkastuksiin ja käyttöönottotesteihin ([linkki](#))
- 15.5.2018 Aurinkosähköpaneeliston suunnitteluvaatimukset ([linkki](#))
- 6.2.2018 Aurinkosähköpaneelien merkintä- ja dokumentointivaatimukset ([linkki](#))

[Tilaa uutiskirje tästä linkistä](#)