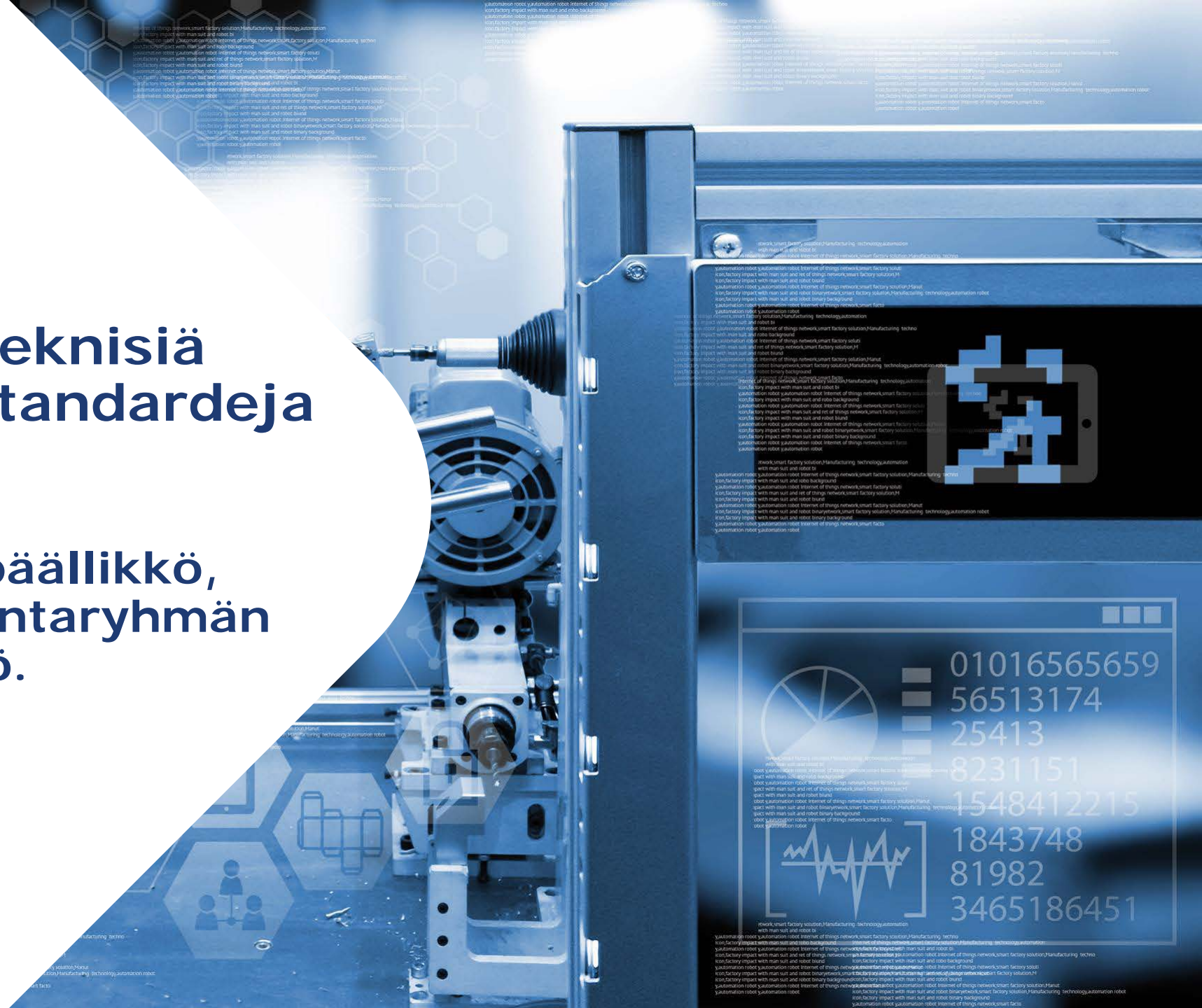


Aurinkosähkön teknisiä vaatimuksia ja standardeja

Arto Sirviö, ryhmäpäällikkö, aurinkosähköseurantaryhmän SR82 yhteyshenkilö.

SESKO

19.8.2021 Arto Sirviö



Aurinkosähköjärjestelmiä pidetään yleensä ottaen turvallisina, kun noudatetaan asiaankuuluvia tuote- ja asennusstandardeja. Vaikka aurinkosähköjärjestelmä asennettaisiin asiaankuuluvien turvallisuusstandardien mukaisesti, on kuitenkin olemassa jäännösriski, että aurinkosähköjärjestelmä aiheuttaa tulipalon.

[\[IEC/TR 63226:fi\]](#)

Yleensä sähköverkkoon liitettyjen aurinkosähköjärjestelmien oletetaan tarvitsevan vähän kunnossapitoa. Kuitenkin valvonnan ja kunnossapidon vähimmäistaso on kriittinen tulipalojen ehkäisemiseksi ja turvallisuuden varmistamiseksi.

[\[SFS-EN IEC 62446-2:2020\]](#)

Aurinkosähköpaneelisto:

- aurinkosähköpaneelit
- BOS-komponentit.

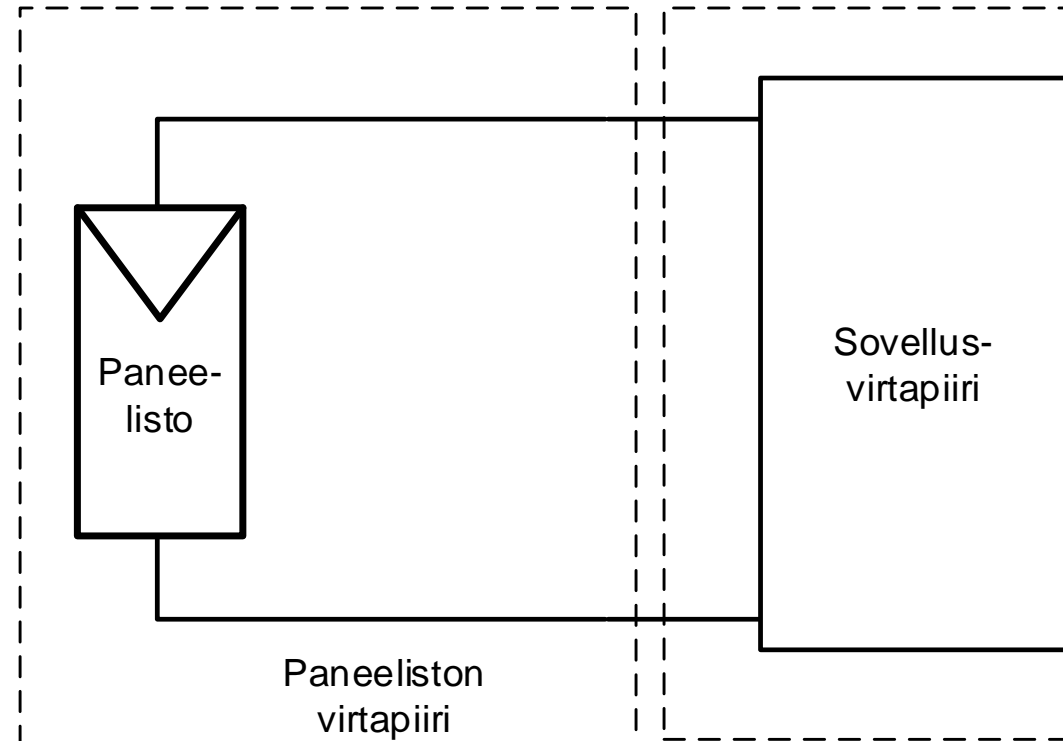
Lyhenteet:

BOS = balance of system

PCE = power conversion equipment

DC/AC = inverter

DCU = DC conditioning unit



Sovellusvirtapiiri:

- tasasähkökuorma
- PCE:
 - DC/AC
 - DC/DC, DCU

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

[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

Erikoissovelluksille ja rakenteille voi olla lisävaatimuksia esim.:

- rakennustuotteeseen integroitu BIPV (ks. [SFS-EN 50583](#))
- aurinkoseuraajat (ks. [SFS-EN 62108:2016:en](#))
- saarekekäytöt (ks. [IEC TS 62257](#))
- aurinkosähkökäyttöiset sovellukset PVDDA (valmisteilla)
- ajoneuvoon integroitu VIPV (tulossa)
- kelluvat perustukset FPV (tulossa).

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

- kohteen riskien arviointi -> tarvitaanko lisätoimenpiteitä?
- rakennuksen käyttötarkoitus (valvottu/valvomaton)
- aurinkosähkölaitteiston sijainti rakennuksessa (palovyöhykkeet, muurit, etäisyydet)
- rakennuksen ominaisuudet rakenteet, materiaalit, sisältö (palokuorma):
 - geometria, korkeus, leveys ja saavutettavuus
 - kulkuväylät ja palovastealueet
 - katon saavutettavuus ja kriittiset osat.
- palopelastajien työturvallisuus:
 - kohteen tietojen ilmoitus palokunnalle
 - kulkuväylät ja poistumistiet
 - savuluukut ja nousujohdot
 - aurinkosähkölaitteiston pysäytyskytkimien sijainti.
- rakennuksen käyttökeskeytys (taloudelliset riskit).

Rakennukseen asennettavan laitoksen toimenpiteet tulipalon ehkäisemiseksi:

- paljon lämpöä tuottavien komponenttien (esim. PCE) sijainti ja jäähdytys
- kattorakenteen vahvistus (syttymätön kerros)
- estetään helposti syttyvän materiaalin kasautuminen
- kaapeleiden reititys ja läpiviennit
- tasasähköliitokset saman valmistajan liittimillä
- DC-valokaariviat:
 - erillinen suojalaite
 - toiminto PCE:ssä.
- maadoitusvian havaitseminen (ks. esim. EN IEC 62109-2):
 - eristysresistanssin mittaus + vikavirran valvonta
 - eristysvian korjausaika
 - automaattinen sammutus ensimmäisen vian jälkeen.

[\[IEC/TR 63226:2021:fi\]](#)

Rakennukseen asennettavan laitoksen näkökohdat riskin minimoimiseksi:

- lyhyet tasavirtakaapelit ja reititys rakennuksen ulkopuolella
- tasavirtakaapeloinnin merkitseminen (sammutuksen jälkeen mahdollisesti jännitteinen)
- merkittävä kulkuväylät ja poistumisreitit rakennuspiirustuksiin
- generaattorin/paneeliketjutaso sammutus
- paneelitaso ohjaus, ELV-järjestelmät, hajautettu paneeliston suojaus
- rakennuksen aurinkosähköjärjestelmän huomiotaulut:
 - palopelastajille tai huoltohenkilöille
 - sijainti sisäänpääsyportaakkoihin
 - kaapeleiden sijainti
 - sammutuksen jälkeen jännitteinen?
 - erottimien ja sähkökeskusten sijainti
 - palonkestävien kaapeleiden sijainti rakennuksessa.

[\[IEC/TR 63226:2021:fi\]](#)

Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönotto, dokumentointi ja kunnossapito

Standardissa SFS-EN IEC 62446 määritellään vaatimukset sähköverkkoon kytketyn aurinkosähkölaitteiston dokumentaatiolle, käyttöönottotesteille, kunnossapito-ohjelmalle sekä lämpökameran soveltamiselle laitteiston kunnan tutkimisessa.

Standardin sisältö on jäsenneily seuraavasti:

- [SFS-EN 62446-1:2016+A1:2018](#) Käyttöönottotestit, tarkastukset ja dokumentointi
- [SFS-EN IEC 62446-2:2020](#) Kunnossapito
- [IEC/TS 62446-3:2017](#) Lämpökameran käyttö tarkastuksissa.

SFS-EN 62446-1+A1:2018 määrittelee aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotestit ja tarkastuskriteerit:

- standardi esittää vaatimukset järjestelmän perustiedoille, jonka odotetaan olevan saatavilla käyttö- ja huolto-ohjeissa
- sisältää aurinkosähköjärjestelmän asennuksen, käyttöönoton sekä kunnossapidon ja muutostöiden jälkeen tehtävät tarkastukset
- tarkastukset perustuvat sekä aistinvaraisiin menetelmiin että mittalaitteiden käyttöön
- täydentää yleistä sähköasennusten tarkastamista koskevaa standardia [SFS 6000-6:2017](#)
- testiryhmät 1 ja 2 sekä täydentävät testit:
 - kategorian 1: vähimmäisvaatimukset – standardoitu testisarja, jota on sovellettava kaikissa järjestelmissä
 - kategorian 2: laajennettu testisarja, jonka käytössä oletetaan, että kategorian 1 testit on jo tehty.
 - täydentävät: muut testit, joita voidaan käyttää erityistapauksissa.

Kategorian 1 - mittaukset 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 1. mikrovaihtosuuntaajien, DCUn tai vaihtovirtapaneelien käyttö vaikuttaa käyttöönottomittauksiin.

Huom 2. tarvittaessa kategorian 2 testit ja/tai lisätestit.

Lyhenteet: HSA = johtosarja.

[\[SFS-EN 62446-1:2016+A1:2018 \]](#)

Mittausmenetelmät:

- [SFS-EN 62446-1:2016 + A1:2018](#) Laitoksen käyttöönottomittaukset
- [SFS-EN 61829:2016](#) Laitteiston *I-V*-käyrän määrittäminen
- [SFS-EN IEC 60904-1:2020](#) Mittausmenetelmä aurinkosähkölaitteen sähkösuureille
- [SFS-EN 60891:2010](#) Mitattujen virta-jännite-ominaisuuksien lämpötilan ja säteilyolosuhteiden korjausmenetelmä

Mittalaitteita:

- yleismittari
- pihtiampeerimittari
- eristysresistanssimittari
- säteilymittari
- lämpömittari
- *I-V*-curve tracer, PV tester, ...

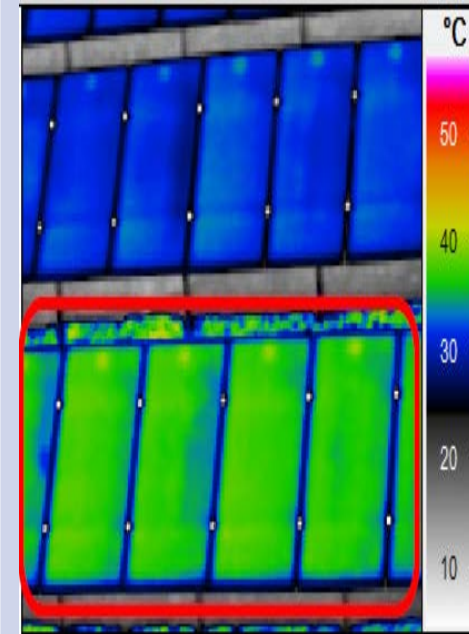
SFS-EN IEC 62446-2 esittää vaatimukset ja suositukset aurinkosähköjärjestelmän kunnossapidolle:

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

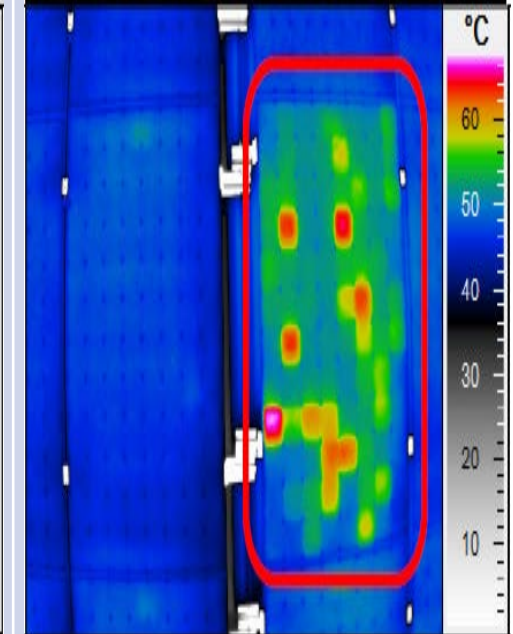
IEC/TS 62446-3 esittää ohjeita lämpökameran käyttöön ja kuvien tulkintaan aurinkosähkölaitteiston tarkastuksissa

- tarkastuksessa käytettävän lämpökameran vaatimukset
- tarkastusolosuhteiden arviointi (pilvet, säteily, lämpötila, tuuli, likaisuus, tasavirta)
- lämpökuvattavat komponentit ja kuvien tulkinta
- henkilön pätevyysvaatimukset (sähkötyöturvallisuus, SFS-EN 62446, SFS-EN ISO 9712 sertifikaatti):
 - laaja tarkastus: henkilöllä standardin SFS-EN ISO 9712 tason 2 mukainen pätevyys
 - perustarkastus (laitoksen käyttöönotto): henkilöllä standardin SFS-EN ISO 9712 tason 1 mukainen pätevyys

Aurinkosähköpaneeli
(Si), avoin piiri



Aurinkosähköpaneeli
(Si), oikosulku



[IEC/TS 62446-3:2017]

Kaikkien komponenttien on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- mitoitettu tasasähkökäyttöön
- mitoitettu käyttöympäristön lämpötilaan
- kotelointiluokka vastaa asennusympäristön olosuhteita
- mitoitusjännite $\geq U_{OC\ ARRAY}$
- paneeliketjun mitoitusvirta $\geq 1,25 \times I_{SC\ MOD}$
- jos virtapiirissä on DCU, huomioitava $U_{DCU-max}$ ja $I_{DCU-max}$

[\[IEC 62548:2016:fi\]](#)



Aurinkosähköliittimiä (MC4) ei ole standardoitu.

Tasasähköosan liittimien on täytettävä tuoteturvallisuusstandardin SFS-EN 62852:en vaatimukset.

[SFS-EN 62852:en](#) Connectors for DC-application in photovoltaic systems - Safety requirements and tests

SFS-EN 62852:en ei määrittele liittimien mittoja, toleransseja, kontaktien metalliseoksia.

[IEC TR 63225:2019](#) Incompatibility of connectors for DC-application in photovoltaic systems

Standardit [IEC 62548:2016:fi](#) ja [IEC 60364-7-712:2017](#) sisältävät vaatimuksia tasasähköosan liitoksille mm.:

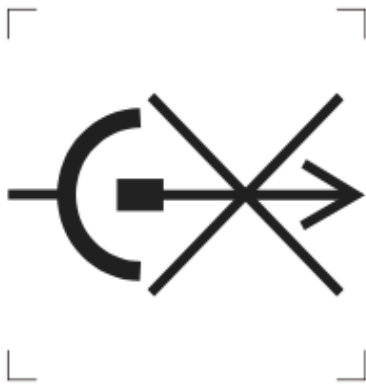
- pistokytkimet ja liittimet on oltava samaa tyyppiä ja samalta valmistajalta
- liitoksessa ei saa käyttää eri valmistajien tuotteita.

Ennen aurinkosähköpaneelien erottamista, on varmistettava, että piirin virta on katkaistu.

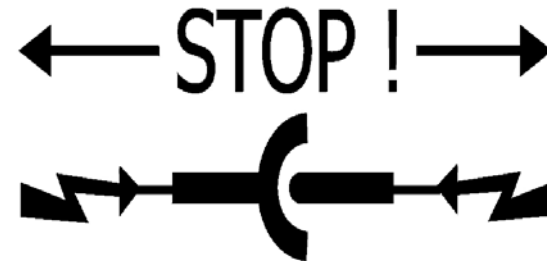
Eryteisesti on huomioitava paneeliketjujen liitosjohtojen pistokytkinliitokset, joilla ei ole virrankatkaisukykyä.

Varoitusmerkintöjä:

“DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD / EI SAA EROTTA KUORMITETTUNA”



standardoitu merkki [IEC 60417-6070](#)



teollisuuden käyttämä merkki

Direktiivin [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
- testikappaleet: 9 aurinkosähköpaneelia + 1 ilman kehyksiä.

Direktiivin [2014/35/EU](#) yhdenmukaistetut standardit *EN 62109-1:2010 ja EN 62109-2:2011*.

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

- suojaus sähköiskulta, tulipalolta, sekä muilta vaaroilta (mekaaninen, energia, jne.)

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

- aurinkosähköjärjestelmän vaihtosuuntaajaa (grid-interactive, stand-alone) koskevat turvallisuusvaatimukset

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

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

Sähköverkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän maadoitusvian havaitseminen ja R_{ISO} mittaaminen riippuu PCE:n rakenteesta ja aurinkosähkögeneraattorin maadoituskonseptistä [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).

Em. parametrien kautta saadaan tapauskohtaiset vaatimukset:

- eristysresistanssin (R_{ISO}) mittaaminen -> vikailmoitus, mittaaminen, vikakohtainen erottaminen
- vikavirran valvonta -> vikailmoitus, mittaaminen, vikakohtainen erottaminen.

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

- tapauksen kaaviot, vikavirtapiirit, raja-arvot, testit
- suojaustoiminnot voidaan toteuttaa erillisellä laitteella tai PCE:ssä
- tulossa SFS-EN IEC 63112:2021:en.

[IEC 62548:2016:fi](#) Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

[SFS-EN 62446-1+A1:2018](#) Aurinkosähköjärjestelmän tarkastukset ja dokumentointi

[SFS-EN IEC 62446-2:2020](#) Aurinkosähköjärjestelmän kunnossapito

[IEC/TR 63226:2021:fi](#) Rakennuksiin asennettujen aurinkosähköjärjestelmien paloriskien hallinta

[IEC/TR 63225:2019](#) Incompatibility of connectors for DC-application in photovoltaic systems

[SFS-EN 62109-1:en](#) Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements

[SFS-EN 62109-2:en](#) Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters

[IEC 62109-3:2020](#) Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 3: Particular requirements for electronic devices in combination with photovoltaic elements

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

[SFS-EN IEC 61730-1:2018:en](#) Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction

Liity seurantaryhmään [SR 82](#) *Aurinkosähköjärjestelmät* ja osallistu [IEC TC 82](#) työryhmiin:

- WG 1 Glossary
- **WG 2 Modules, non-concentrating**
- **WG 3 Systems**
- **WG 6 Balance-of-system components**
- WG 7 Concentrator modules
- WG 8 Photovoltaic (PV) cells
- WG 9 BOS Components – Support Structures
- PT 600 Vehicle Integrated Photovoltaic Systems
- PT 63092 Building Integrated Photovoltaics (BIPV)
- JWG 1 Photovoltaic off grid systems, including decentralized rural electrification and hybrid systems linked to TC 88
- JWG 11 Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) linked to ISO/TC 160/SC 1
- JWG 10 Distributed energy resources connection with the grid Managed by TC 8
- JWG 4 Grid code compliance assessment for grid connection of wind and PV power plants Managed by SC 8A
- JWG 5 System issues regarding integration of wind and PV generation into bulk electrical grid Managed by SC 8A
- JWG 82 TC21/TC82 - Secondary cells and batteries for Renewable Energy Storage Managed by TC 21
- JWG 32 Electrical safety of PV system installations Managed by TC 64

- www.iec.ch (aurinkosähköstandardointi)
 - [IEC TC 82](#) Solar photovoltaic energy systems
- www.cenelec.eu (aurinkosähköstandardointi)
 - [CLC/TC 82](#) Solar photovoltaic energy systems
- www.sesko.fi (aurinkosähköstandardointi)
 - SESKOn seurantaryhmä [SR 82](#) Aurinkosähköjärjestelmät
- www.sfs.fi (aurinkosähköstandardeja)
 - [Aurinkosähkölaitteiston suunnittelu ja asentaminen](#)
 - [Aurinkosähköpaneelien valmistus, testaus tai maahantuonti](#)
 - [BOS-komponenttien valmistus, testaus tai maahantuonti](#)
 - [Aurinkosähkölaitteen ominaisuuksien määrittäminen.](#)

IEC - Academy & Capacity Building

Webinars (<https://www.iec.ch/academy/webinars>)

Introducing IEC Technical Committee 82 - Solar photovoltaic energy systems (2021-03-17)

During this one-hour Webinar, the Secretary, Assistant Secretary and WG 6 Convenor, will give you an overview of the history, scope, structure, and list of published/under development standards of IEC/TC 82“

Video ([link](#))

Presentation ([link](#))

Huom! vaatii rekisteröitymisen palveluun.