

PIENTUOTANNON LIITTÄMINEN SÄHKÖNJAKELUVERKKOON

YA 9:23

Verkostosuosituksen laatimisesta vastannut työryhmä:

Jari Vuorela, Caruna Oy
Henri Vierimaa, Caruna Oy
Hanna-Mari Aalto, Elenia Verkko Oyj
Hannu Leppämäki, Elenia Verkko Oyj
Lasse Linnamaa, Fingrid Oyj
Juhani Lepistö, Helen Sähköverkko Oy
Mika Loukkalahti, Helen Sähköverkko Oy
Tuukka Tähti, Lappeenrannan Energiaverkot Oy
Mikko Kylli, Oulun Energia Sähköverkko Oy
Joel Kari, Savon Voima Verkko Oy
Kaisa Grip-Lappalainen, Tampereen Energia Sähköverkko Oy
Kari Tappura, Tampereen Energia Sähköverkko Oy
Ari Salo, Vaasan Sähköverkko Oy
Tuukka Heikkilä, Energiateollisuus ry

Tämä 29.11.2023 päivätty verkostosuositus korvaa:

- 30.9.2019 päivätyn verkostosuosituksen YA 9:13 sekä
- 3.6.2021 päivätyn suosituksen nimeltä "Sähkön pientuotannon tekniset vaatimukset".

Ajankohtaiset sähkön pientuotannon ohjeet, suositukset ja lomakkeet löytyvät osoitteesta:
www.energia.fi/pientuotanto

Sisällys

Termistöt ja määritelmät	4
1. Johdanto	5
2. Siirtymäaika ja soveltaminen	5
3. Pientuotannon määrittely ja liittäminen	6
3.1. Yksi- tai kaksivaiheisen tuotannon rajaus	6
3.2. Pientuotannon liitettävyyys	6
3.3. Pientuotannon liitettävyyden suunnitteluperiaatteet verkonhaltijalle	6
3.4. Lois- ja pätötehon säätö jännitteen perusteella	8
3.5. Liitännäsuojaus ja keskitetty liitännäsuojaus	8
4. Tuotantolaitteiston erottaminen ja sähkötyöturvallisuus verkossa	9
4.1. Laitteiston erottaminen ja turvallinen työskentely verkossa	9
4.2. Takasyöttörisikin huomioiminen	10
4.3. Pientuotantokohteiden merkitseminen	10
5. Tuotantolaitteiston syöttämän sähkön laatu	10
5.1. EMC-vaatimukset	11
5.2. Sähkön laatu	11
6. Tuotantolaitteiston kytkeytyminen jakeluverkkoon ja irtoaminen jakeluverkon vikatilanteissa	11
6.1. Liitännäsuojauksen parametrien asetteluarvot ja toiminta-ajat	12
6.2. Etäohjausvalmius	12
6.3. Laitteiston tahdistuminen verkkoon	12
6.4. <i>Loss of Mains</i> -suojaus	12
6.5. Pikajälleenkytkennät.....	13
6.6. Varavoimakäyttö	13
7. Tuotetun sähkön myyminen	13
8. Pientuotannon mittaus	14
9. Tuotantoa koskevat sopimukset	14
9.1. Pientuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot	14
10. Hinnoitteluperiaatteet	15
10.1. Liittymismaksu.....	15
10.2. Verkkopalvelumaksu.....	15
10.3. Mittauskustannukset.....	15
Liite 1 - Suositeltavat tuotantolaitteistojen tekniset vaatimukset.....	16
Liite 2 - Vastauksia suosituksesta esitettyihin kysymyksiin	21

Termistöt ja määritelmät

EMC = Sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic compatibility)

I_k = oikosulkuvirta

I_{k1} = yksivaiheinen oikosulkuvirta

I_{k3} = kolmivaiheinen oikosulkuvirta

KJ = keskijännite, yli 1, mutta enintään 70 kV vaihtojännite (sähkönjakelussa yleisesti käytetty standardoimaton termi)

Liittämiskohta = SFS 6000-8-801 standardin mukainen raja jakeluverkon ja sähköliittymän asennukselle, yleensä liittymisjohdon (taloudellisista) hallintarajoista huolimatta koko sen pituuden lopussa oleva piste eli yleensä sähköliittymän mittauskeskuksella sijaitsevat liittymisjohdon liittimet ennen päävarokkeita tai muuta pääsuojalaitetta

Loss of Mains -tilanne = tilanne, jossa verkko tai verkon osa tulee äkillisesti jännitteettömäksi. Tällaisessa tilanteessa kohdetta syöttävä tuotantolaitteisto ei välttämättä havaitse verkon jännitteettömyyttä vaan voi jäädä tahattomasti syöttämään yhden tai useamman kohteen suuruista saarekettä.

Mitoitusoikosulkuvirta = Verkkoyhtiöltä saatava oikosulkuvirran arvo, joka voidaan luvata sähköliittymässä vähintään toteutuvan ja jonka perusteella sähkön pientuotanto voidaan mitoittaa

PJ = pienjännite, $U \leq 1\,000\text{ V}$ (sähköturvallisuuslain määritelmä)

ROCOF-rele = *Rate Of Change Of Frequency* -suojaustoiminto eli taajuuden muutosnopeutta mittaava suojaustoiminto

SJ = suurjännite, $U > 1\,000\text{ V}$ (sähköturvallisuuslain määritelmä)

Takasyöttö/takajännite = Takasyötöstä puhutaan silloin, kun pientuotantolaitteisto voi syöttää sähköä verkkoon, vaikka syöttävä verkko on jännitteetön

Tuotantolaite = Yksittäinen sähköenergian tuottamiseen tarkoitettu laite, esimerkiksi yksittäinen invertteri yhdistettynä yhteen tai useampaan aurinkopaneeliin

Tuotantolaitteisto = Lähtökohtaisesti yhdessä sähköliittymässä sijaitsevien sähköntuotantolaitteiden kokonaisuus

U_n = Nimellisjännite, tavallisesti 230 V yksivaiheisessa ja 400 V kolmivaiheisessa järjestelmässä

1. Johdanto

EU:n asettamat uusiutuvan energian lisäys- ja ilmastotavoitteet, pienten energiantuotantolaitteistojen hintojen halpeneminen, kuluttajien halu pienentää sähkölaskuaan sekä kulutus päätöksiä enenevästi ohjaava ympäristötietoisuus ovat lisänneet kiinnostusta hajautetusti sijoitettuun sähkön pientuotantoon. Verkonhaltijan tehtävänä on tarjota tuotannolle luotettava liitäntä jakeluverkkoon ja taata sähkön jakelun turvallinen toiminta myös tuotantolaitteiston liittämisen jälkeen.

Tämän verkostosuosituksen tarkoituksena on helpottaa pientuotannon liittämisen prosessia kaikkien asianosaisten kannalta. Suosituksessa on rajauduttu tarkastelemaan enintään 1 MW (1 000 kW) sähköntuotantolaitteistoja. Suositus perustuu standardiin SFS-EN 50549-1:2019, joka on alun perin julkaistu 19.2.2019.

Standardista on julkaistu yhdistetty painos¹, joka sisältää standardin, sen korjauslehden ja muutoksen A1. Painoksen nimi on SFS-EN 50549-1:2019 + AC:2019 + A1:2023:en. Tämä verkostosuositus sisältää muutoksen A1 tuomat lisäykset.

Tämä verkostosuositus korvaa Energiateollisuuden verkostosuosituksen YA 9:13 sekä 3.6.2021 julkaistun *Sähkön pientuotannon tekniset vaatimukset* -suosituksen.

Suositus ei yksin riitä pientuotannon liittämisen vaatimusten perusteiden hahmottamiseen, vaan **vaatii rinnalleen vähintään SFS-EN 50549-1:2019 -standardin sekä kantaverkonhaltija Fingridin Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV) -dokumentin.**

Eryteisesti 50 kW ja suuremmat tuotantolaitteistot edellyttävät aina perusteellista kiinteistökohtaista tarkastelua. Ohjeita kiinteistökohtaiseen tarkasteluun löytyy Sähkötiedon ST-käsikirjasta 40: Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Selvyyden vuoksi, tämä suositus YA 9:23 koskee kaikkia tuotantolaitteistoja, ei pelkästään aurinkosähköjärjestelmiä.

2. Siirtymäaika ja soveltaminen

Suositusta voi noudattaa heti, mutta on syytä korostaa, että lopullisen päätöksen pientuotannon liittamisestä tekee aina paikallinen verkonhaltija. Näin ollen suositus ei anna oikeutta kytkeä mitään määrää pientuotantoa, vaan oikeus saadaan verkonhaltijalta kytkentäluvan muodossa, mikäli liittämisen tekniset edellytykset täyttyvät.

Suositus muuttaa Suomeen tuotavien tuotantolaitteiden suojausasetteluita, verrattuna edelliseen 3.6.2021 julkaistuu suositukseen. **Tässä suosituksessa määriteltyjä suojausasetteluita suositellaan vaadittavan viimeistään 1.1.2025 eteenpäin asennettavilta tuotantolaitteistoilta.**

Verkonhaltija voi soveltaa vanhan YA 9:13 -suosituksen mukaista pientuotannon liitettävyyttä, mikäli tuotantolaitte ei ole tämän suosituksen asetteluiden mukainen.

Tuotantolaitte ei ole tässä suosituksessa määriteltyjen suojausasetteluiden mukainen, mikäli se ei toteuta loistehon säätöä jännitteen perusteella (ns. Q(U) -säätö). Loistehon säädön parametrit on toimitettava tuotantolaitteen mukana, standardin SFS-EN 50549-1 kappaleen 4.7.2.2 mukaisesti.

¹ <https://sesko.fi/muutoksia-voimalaitosten-liitanta-standardeihin/>

3. Pientuotannon määrittely ja liittäminen

Tämä verkostosuositus keskittyy käsittelemään pääosin kuluttajakäytössä olevia pientuotantolaitteistoja. Verkostosuositusta voidaan kuitenkin hyödyntää kaikkien sellaisten pientuotantolaitteistojen liittämisenessä, **joiden nimellisteho on enintään 1 MW ja tuotantolaitteisto syöttää sähköä jakeluverkkoon, jonka nimellisjännite on enintään 1 000 V.**

Sama 1 MW raja on myös Fingridin *Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV)* -dokumentissa Tyyppin A ja B voimalaitosten välinen raja.

Huom! Tässä suosituksessa otetaan kantaa vain pientuotannon liittämisen teknisiin reunaehtoihin. Tuotannon määrittelyt kokorajat koskevat vain tätä suositusta ja voivat poiketa esimerkiksi lainsäädännössä tai muissa suosituksissa käytetyistä määritelmistä.

3.1. Yksi- tai kaksivaiheisen tuotannon rajaus

Liian suuri yksi- tai kaksivaiheinen tuotanto voi aiheuttaa epätasapainoa verkkoon ja voi pahimmillaan vaarantaa verkon turvallisuuden ja luotettavuuden. Liittymisen maksimisulakekoko yksi- tai kaksivaiheiselle tuotannolle on 16 A. Täten yksi- tai kaksivaiheisen pientuotantolaitteiston **maksimiteho** saa olla noin 3,7 kW per vaihe. Laitteiston nimellistehon suuruus on pienempi ja riippuu laitteiston ominaisuuksista.

Pientuottajan tulee ilmoittaa verkonhaltijalle, mille vaiheille yksi- tai kaksivaiheinen tuotanto aiotaan kytkeä ja verkonhaltijalla tulee olla mahdollisuus vaikuttaa vaiheisiin, mihin tuotanto lopulta kytketään. Tuotannon jakaminen tasaisesti eri vaiheille parantaa sen liitettävyyttä kullakin muuntopiirillä ja vähentää haitallista muuntopiirin vinokuormaa.

3.2. Pientuotannon liitettävyyys

Sähkömarkkinalain ja Energiaviraston laintulkinnan mukaan verkonhaltija ei voi lähtökohtaisesti kieltäytyä tai rajoittaa pientuotannon liittämistä kuin tilapäisesti, sellaisessa tilanteessa, että verkkoa on vahvistettava, ja tällöinkin enintään vahvistamisen edellyttämäksi kohtuulliseksi ajaksi. Verkonhaltijalla on velvollisuus vahvistaa sähköverkko tarvittaessa siten, että verkon siirtokyky on riittävä ja siihen voidaan liittää asiakkaan tarpeen mukainen määrä tuotantoa.

Liittymän koko (sovittu maksimiteho esim. ampeereina tai kilowatteina) määrittää suurimman mahdollisen liitettävän tuotantolaitteiston koon. Kun tuotantolaitteisto liitetään olemassa olevaan liittymään, tulee liittymää tarvittaessa suurentaa, mikäli tuotantolaitteiston koko on suurempi kuin olemassa olevan liittymän koko. Tuotannon liittymisen ja verkkopalvelun hinnoitteluperiaatteita on kuvattu tarkemmin luvussa 10.

3.3. Pientuotannon liitettävyyden suunnitteluperiaatteet verkonhaltijalle

Liittymäkoko suhteutettuna suuri tuotantolaitteisto vaatii todennäköisemmin verkon vahvistustoimenpiteitä. Tässä luvussa on kuvattu suunnitteluperiaatteita verkonhaltijalle tuotannon liitettävyyden ja mahdollisten verkon vahvistamistarpeiden arvioinnin tueksi.

Urakoitsija voi hyödyntää tämän luvun tietoja sen arvioimisessa, kuinka suuren tuotantolaitteiston liittäminen on tyypillisesti mahdollista ilman verkonhaltijan erillisiä verkon vahvistustoimenpiteitä.

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantolaitteisto, mikäli seuraavat reunaehdot täyttyvät:

- Tuotantolaitteiston käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta mitoitusoikosulkuvirran mukaan laskettuna liian suurta jännitteen muutosta
- Sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy normaalitilanteessa aina SFS-EN 50160 rajoissa

29.11.2023

- Tuotantolaitteiston käynnistysvirta ei ylitä liittymissopimuksen tai verkkopalvelusopimuksen maksimitehon mukaista virran huippuarvoa
- Verkossa on riittävästi vapaata kapasiteettia kaikissa verkon kytkentätilanteissa
- Muut reunaehdot, joilla varmistetaan verkon turvallisuus sekä pientuottajalle että verkon muille asiakkaille

Mikäli pientuotantoa ei kytketä verkkoon vaihtosuuntaajalla (invertterillä), suositellaan tapauskohtaista tarkastelua. Samoin erittäin nopeisiin tuotannon ja kulutuksen muutoksiin kykenevät tuotantolaitteistot (esim. akkuvarastot) suositellaan käsiteltävän tapauskohtaisesti.

Työryhmässä on laadittu yksinkertaistettu kaava suuntaajakytketyn aurinkosähkötuotannon laskennallisen liitettävyyssrajan määrittämiseksi:

$$\text{Aurinkosähkötuotannon laskennallinen liitettävyyssraja} = I_{k1} \cdot 44 \text{ W/A}$$

Kaavaa ei suositella käytettäväksi sellaisenaan esimerkiksi tahtikone- ja akkuvarastokohteiden tapauksessa. Kaavan käyttö edellyttää, että yksivaiheisen mitoitusoikosulkuvirran I_{k1} arvo on varmistettu verkonhaltijalta ja, että liittymäkoko ei ole rajoittava tekijä.

Kaavan tarkemmat perustelut löytyvät Liitteestä 2. Tarkempia perusteluita voi myös käyttää liitettävyyden määrittämiseksi muissa kuin aurinkosähkökohteissa.

Esimerkiksi 320 A yksivaiheisen mitoitusoikosulkuvirran sähköliittymään voisi kytkeä 14,1 kW tehoisen kolmivaiheisen aurinkosähkötuotantolaitteiston ($320 \text{ A} \cdot 44 \text{ W/A} = 14\,080 \text{ W}$).

Alla olevaan taulukkoon on johdettu yleisimpiin pienjänniteliittymiin vaihtosuuntaajalla liitettävissä oleva aurinkosähkötuotannon määrä, perustuen kunkin liittymäkoon standardinmukaiseen yksivaiheiseen mitoitusoikosulkuvirtaan (huomioiden kappaleessa 3.2. mainitut lainsäädännöstä sekä sen tulkinnasta johtuvat velvoitteet):

Liittymäkoko	Yksivaiheinen mitoitusoikosulkuvirta I_{k1}	Aurinkosähkötuotannon liitettävyyss
3x25 A	250 A	11 kW
3x35 A	250 A	11 kW
3x50 A	250 A	11 kW
3x63 A	320 A	14,1 kW
3x80 A	425 A	18,7 kW
3x100 A	580 A	25,5 kW
3x125 A	715 A	31,5 kW
3x160 A	950 A	41,8 kW

Taulukko 1: Aurinkosähkötuotannon liitettävyyssuhteessa mitoitusoikosulkuvirtaan.

Huom! Liittymäkoko ei takaa taulukossa ilmoitettua oikosulkuvirtaa. Varsinkin vanhoissa tai kaukana jakelumuuntamosta sijaitsevista sähköliittymissä oikosulkuvirta voi olla taulukon arvoa pienempi, jolloin aurinkosähkötuotantoa voi vastaavasti liittää pienemmän määrän.

Taulukkoa tulkitessa on ehdottoman tärkeää huomata, että **liittymän mitoitusoikosulkuvirta on aina varmistettava verkonhaltijalta.**

Sähköliittymän paikallisesti mitattua oikosulkuvirtaa ei käytetä tuotannon (eikä myöskään suojauksen) mitoittamiseen, vaan varmentamistarkoituksiin.

3.4. Lois- ja pätötehon säätö jännitteen perusteella

Verkkoonliitännälaitteiden oletusarvoisissa suojausasetteluissa suositellaan otettavan käyttöön sekä $Q(U)$ - että $P(U)$ -säädöt. Tarkemmat suojausasettelut kuvaajineen löytyvät tämän suosituksen liitteestä 1, jonka keskeisimmät osat on käännetty myös englanniksi.

$Q(U)$ -säädön avulla voidaan nostaa merkittävästi tuotantotehon liitettävyyttä jakeluverkkoihin. $P(U)$ -säädön avulla voidaan puolestaan osaltaan ehkäistä tuotantolaitteita aiheuttamasta standardin SFS-EN 50160 asettamaa ylärajaa (253 V) suurempia jännitteitä liitännäspisteillä erityisesti verkon poikkeuksellisissa kytkentätilanteissa².

$Q(U)$ -säätö ei toimi, kun tuotantolaitteen mittaama vaiheen ja nollan välinen jännite on välillä 219–241 V. Tästä alueesta käytetään englanniksi nimeä *deadband* (kuollut alue).

$Q(U)$ -säädössä on aseteltu 10 s aikavakio, jotta jännitteen vaihtelut eivät johda tuotantolaitteen hallitsemattoman nopeaan loistehon säätöön, mikä voisi edesauttaa verkon ajautumista epästabiliin tilaan.

Kun jännite alittaa 219 V, alkaa tuotantolaitte (aikavakio huomioiden) tuottaa loistehoa lineaarisesti siten, että jännitteen saavuttaessa 212 V, on loistehon tuotanto $0,329 \cdot$ pätöteho. Tämä vastaa tehokerrointa 0,95 (kap.).

Kun jännite ylittää 241 V, alkaa tuotantolaitte (aikavakio huomioiden) kuluttaa loistehoa lineaarisesti siten, että jännitteen saavuttaessa 248 V, on loistehon kulutus $-0,484 \cdot$ pätöteho. Tämä vastaa tehokerrointa 0,90 (ind.).

$P(U)$ -säädön aikavakiota ei määritellä erikseen. Kun tuotantolaitteen mittaama vaiheen ja nollan välinen jännite ylittää 250 V, tuotantolaitte alkaa vähentää pätötehon tuotantoa lineaarisesti siten, että jännitteen saavuttaessa 256 V, on pätötehon tuotanto nolla. Standardin SFS-EN 50549-1:2019 kappale 4.7.3 antaa reunaehdot $P(U)$ -säädölle.

Sekä $Q(U)$ - että $P(U)$ -säädön referenssimittauspiste on liitännäspiste. Asiakas voi tarvittaessa toteuttaa mittauspisteen myös tuotantolaitteen liitännänavoissa, mutta tällöin kannattaa huomioida usean tuotantolaitteen vaikutus kiinteistön sisäisessä sähköverkossa.

3.5. Liitännäsuojaus ja keskitetty liitännäsuojaus

Liitännäsuojauksen ja keskitetyn liitännäsuojauksen toimintaperiaate on kuvattu SFS-EN 50549-1:2019-standardin kappaleessa 4.9.

Tuotantolaitteistoilla tulee aina olla automaattinen liitännäsuojaus (interface protection), joka erottaa tuotantolaitteiston jakeluverkosta silloin, kun syöttävä jakeluverkko on kokonaan jännitteetön tai sen jännite ja/tai taajuus eivät ole hyväksyttävissä rajoissa.

Tällä automaattisella liitännäsuojauksella on kolme päätarkoitusta: estää ylijännitetilanteiden aiheuttamista jakeluverkkoon, estää ei-toivottujen tahattomien saarekekäyttöjen syntyminen ja avustaa jakeluverkkoa pääsemään takaisin sallituille jännite- ja taajuusalueille.

Liitännäsuojaus muodostuu ali- ja ylijännitesuojauksesta, ali- ja ylitaajuussuojauksesta sekä erillisestä saarekekäytön tunnistuksesta (Loss of Mains-suojauksesta). 3-vaiheisella tuotannolla jännitemittaus tulee olla kolmivaiheinen, taajuusmittaus vähintään yksivaiheinen.

² Aurinkosähköjärjestelmien verkostovaikutukset pienjänniteverkossa, Diplomityö, Vaasan yliopisto, <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022062950565>

29.11.2023

Alle 50 kW kokoisten pienten tuotantolaitteistojen osalta liitännäsuojaus mittauksineen voidaan integroida itse yksittäisiin tuotantolaitteisiin, esimerkiksi inverttereihin.

Tuotantoteholtaan 50–1000 kW tuotantolaitteistoille tulee olla erillinen keskitetty suojuslaitteisto (dedicated interface protection device/system). Käytännössä tulee siis olla erillinen keskitetty **suoja-laite**, joka ohjaa **kytkinlaitetta**.

Erillisen suojalaitteen ja sen mittauksen tulisi sijaita liittymispisteen läheisyydessä. Ohjattava kytkinlaite tai -laitteet voidaan tarvittaessa sijoittaa syvemmälle verkkoon, jotta mm. kuormien erottamiselta vältyttäisiin.

Kytkinlaitteeksi (interface switch) voidaan soveltaa SFS-EN 50549-1 standardin mukaan katkaisijaa, kytkintä tai kontaktoria (circuit breaker/switch/contactor). SFS 6000-5-53 standardin Liite 537A luettelee eri käyttötarkoituksiin soveltuvat laitteet ja tässä käytössä (ohjattavan) laitteen tulee kytä vähintään kuormavirran katkaisuun eli käyttökytkentään ja -ohjaukseen.

Jos keskitetyn suojauksen kytkinlaite soveltuu myös erotuslaitteeksi (ks. kappale 4.1.) voidaan samaa laitetta käyttää molempiin käyttötarkoituksiin.

Keskitetyn suojauksen perusteluina ja hyötyinä ovat mm. seuraavat seikat: Suojauksen virhetoimintojen estäminen liitännäpisteen ja tuotantolaitteistojen välisten jännite-erojen takia, keskitetyn suojauksen luotettavampi ja oikea-aikainen toiminta hajautettuun suojaukseen verrattuna sekä helpompi määräaikaistestien hallinta yhden laitteen ansiosta.

Suomessa sovellettava 50 kW alin tehoraja keskitetyille suojaukselle on moniin muihin EU-maihin verrattuna korkeampi. Raja on korkeampi kuin esimerkiksi Italian 11 kW tai Itävallan ja Saksan 30 kVA. Iso-Britanniassa on käytetty samaa 50 kW rajaa. Koska useissa EU-maissa on keskitettyä suojausta vaadittu jo pitkään, toteutuksille löytyy vakiintuneita ratkaisuja.

Myös saksalaisen VDE-AR-N 4105:2018-11 -vaatimuskirjeen liitteestä B (Annex B) löytyy esimerkkiteoteutuksia keskitetystä suojauksesta, joita voi soveltaa, vaikka kyseistä vaatimuskirjetä ei Suomessa sovelletakaan.

Vähintään 50 kW tuotantolaitteen tai -laitteiden sisäistä suojauslaitetta ei siis saa käyttää keskitettyyn suojaukseen. Poikkeuksena tähän on saarekekäytön estosuojaustoiminto (Loss of Mains -protection) aktiivisella (signaalin syöttö verkkoon ja jännitemittaus) menetelmällä, joka voidaan tehdä tuotantolaitteilla (inverttereillä), mikäli passiivisia vain jännitemittauksen perustuvia menetelmiä ei käytetä.

Vähintään 50 kW tuotantolaitteistojen kohdalla ei LoM-suojaukseen saa käyttää taajuuden muutosnopeuteen reagoivaa suojausta (ROCOF), vaan esim. Vector Shift -funktiota (passiivinen menetelmä) tai aktiivista inverttereihin integroitua menetelmää. Tämä vaatimus tulee suoraan Fingridin VJV (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset) -dokumentista.

4. Tuotantolaitteiston erottaminen ja sähkötyöturvallisuus verkossa

Tässä luvussa käydään läpi sähkötyöturvallisuuden asettamia vaatimuksia pientuotantolaitteiston toiminnalle sekä turvallisia työmenetelmiä.

4.1. Laitteiston erottaminen ja turvallinen työskentely verkossa

Sähköturvallisuusstandardien mukaan tuotantolaitteisto tulee olla erotettavissa verkosta ja erotuslaitteessa tulee olla näkyvä ilmajälki tai luotettava mekaaninen asennonosoitus ja erottimen käyttömekanismin tulee olla lukittavissa (SFS 6002). Lisäksi jakeluverkon

29.11.2023

haltijalla täytyy olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkentämahdollisuus (SFS 6000). Sähkölaitteen etäkytkentärele ei ole riittävä erotus, vaan sitä varten on oltava erillinen laite. Erotuslaite tulee asentaa vaihtosähköpuolelle (AC). Erotuslaite voi olla sama laite, mitä käytetään suosituksen kappaleen 3.5. mukaiseen keskitettyyn suojaukseen.

Verkon huolto- ja korjaustilanteissa on tärkeää, ettei pientuotantolaitteisto ylläpidä verkon jännitettä. Pientuotantolaitteiston oman suojauksen tulee huolehtia siitä, ettei laitteisto voi syöttää jännitteettömään verkkoon. Kuitenkin standardit vaativat lisäerottimen, jolla voidaan varmistua verkostotöiden aikaisesta asennusturvallisuudesta.

Erottimena voidaan käyttää erillistä pientuotantolaitteiston yhteyteen asennettua erotinta, jossa on näkyvä ilmaväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus. Verkon korjaus- ja huoltotilanteissa tulee varmistua siitä, että erottimia käytetään asianmukaisesti.

Erotuslaite voi olla myös verkonhaltijan verkossa ennen liittämiskohtaa oleva kytkin. Esimerkiksi pylväsvarokeytkin ilmajohtoverkossa tai kaapelijakokaapissa oleva jonovarokeytkin kaapeliverkossa. Tällaisen kytkinlaitteen asentamisesta voidaan laskuttaa pientuottajaa vain siinä tapauksessa, ettei tällaista kytkintä olisi verkkoon muuten asennettu ja ettei pientuottaja ole asennuttanut asianmukaista erotinta tuotantolaitteistonsa yhteyteen.

4.2. Takasyöttöriskin huomioiminen

Pientuotannon yleistyttyä on huomioitava myös riski siitä, että verkossa on tuotantolaitteistoja, jotka on liitetty ilman verkonhaltijan lupaa. Verkonhaltija ei ole tietoinen näiden laitteiden sijainnista tai suojauksista.

Takasyöttöriskin vuoksi on tärkeää todentaa jännitteettömyys ja maadoittaa asennuspaikka myös mahdollisen pientuotantolaitteiston puolelta. Myös pienjänniteverkossa maadoitus on aiheellista tehdä työkohteen molemmin puolin aina, kun on olemassa mahdollisuus, että verkkoon on liittynyt pientuotantoa, ja maadoittaminen kohteen puolelta on mahdollista.

4.3. Pientuotantokohteiden merkitseminen

Pientuotantokohteet tulee merkitä asianmukaisesti kiinteistöllä. Vähintään asiakkaan omaan sähkökeskukseen tulee asianmukaisesti merkitä, että siihen on liitetty pientuotantoa. Varoituskilpien tekstien tulee olla informatiivisia ja asianmukaisissa paikoissa. Lisäksi verkonhaltijan on aiheellista merkitä jokainen pientuotantolaitteisto omiin järjestelmiinsä, jotta asentajalle voidaan jo työpaikalle lähtiessä antaa tietoa siitä, miten ja mistä tuotannon erotus tapahtuu. Verkkotietojärjestelmiä tulee tarvittaessa kehittää siten, että merkitseminen onnistuu.

Varoituskilvet tulee asettaa siten, että paikalla oleva asentaja tai pelastaja huomaa ne varmasti. Lisäksi on tärkeää ohjeistaa asennushenkilökuntaa, jotta he tietävät mitä varoituskilpi tarkoittaa, miten pientuotantolaitteiston aiheuttama riski on huomioitava käytännön työssä ja miten varmistutaan kohteen jännitteettömyydestä.

Pientuotantokohteita ei yleensä ole tarpeen merkitä jakeluverkon komponentteihin. Poikkeuksena tähän on tilanne, jossa tuotantolaitteisto on kytketty suoraan jakeluverkon komponenttiin, esimerkiksi katujakokaappiin.

5. Tuotantolaitteiston syöttämän sähkön laatu

Jos käyttäjän sähkölaitteistot tai -laitteet haittaavat toisten käyttäjien sähkökäyttöä tai verkonhaltijan mittaus- tai muiden järjestelmien toimintaa, verkonhaltijan tulee yhdessä käyttäjän kanssa määritellä keinot haitan poistamiseksi. Verkonhaltija voi tällöin

29.11.2023

esimerkiksi rajoittaa laitteiston tai laitteen käytön tapahtuvaksi määräaikoina. Verkonhaltija voi kieltää laitteiston tai laitteen käytön vain, jos sen käyttö ei ole lainkaan mahdollista ilman, että siitä aiheutuu merkittävää haittaa muille käyttäjille tai verkonhaltijan mittaus- tai muille järjestelmille.

5.1. EMC-vaatimukset

Seuraavana on listattu EMC-vaatimuksia koskevia standardeja, joita pientuotantolaitteistoille voidaan soveltaa.

- Häiriön sieto: EN 61000-6-1 *Electromagnetic compatibility (EMC) Generic standards Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*
- Häiriön päästö: EN 61000-6-3 *Electromagnetic compatibility (EMC) Generic standards Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments* (myös liite A11)
- Harmoniset yliaallot: EN 61000-3-2 *Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16A per phase)*
- Nopeat jännitteenmuutokset ja välkyntä: EN 61000-3-3 *Electromagnetic compatibility (EMC). Limits. Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current up to and including 16 A per phase and not subject to conditional connection*

Lisäksi pientuotantoa koskevia vaatimuksia on koottu tekniseen raporttiin EN 61000-3-15 *Electromagnetic compatibility (EMC) Limits - Assessment of low frequency electromagnetic immunity and emission requirements for dispersed generation systems in LV network*.

5.2. Sähkön laatu

Kun käyttöpaikkaan lisätään pientuotantolaitteisto, tulee jännitteen laadun säilyä liittämiskohdassa standardin SFS-EN 50160 *Yleisen jakelujännitteen ominaisuudet* vaatimusten mukaisena.

Jännitteen harmoninen kokonaissärö saa liittämiskohdassa olla enintään 8 %. Kokonaissärön määrä ei saa ylittyä, vaikka liittymään liitettäisiin pientuotantoa. Lisäksi standardissa on annettu rajat liittämiskohdasta mitattaville yksittäisille harmonisille yliaalloille, välkyntälle ja jännitetasojen vaihteluille.

6. Tuotantolaitteiston kytkeytyminen jakeluverkkoon ja irtoaminen jakeluverkon vikatilanteissa

Tuotantolaitteisto on varustettava suojauslaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti jakeluverkosta, jos verkkosyöttö katkeaa, tai jos jännite tai taajuus liittämiskohdassa poikkeaa tuotantolaitteiston sallitulle toiminnalle asetelluista jännite- ja taajuusarvoista. Tuotantolaitteisto ei saa koskaan kytkeytyä jakeluverkkoon, kun jakeluverkon jännite tai taajuus ei ole annetuissa rajoissa.

Laitteiston toimittajan tulee aina taata, että laitteiston suojaus täyttää lain ja standardien asettamat irtoamisvaatimukset. Suojauslaitteet voivat olla osana pientuotantolaitteita (alle 50 kW tuotantolaitteistot) tai ne voivat olla erillisiä laitteita (keskitetty suojaus, vähintään 50 kW tuotantolaitteistot).

Standardi SFS-EN 50549-1:2019 määrittää vaatimukset verkkoon liitettävälle pientuotantolaitteistolle. Seuraavissa kappaleissa esitetään standardiin pohjautuvat ehdot verkkoon liittymiselle ja verkosta irtoamiselle.

6.1. Liitântäsuojauksen parametrien asetteluarvot ja toiminta-ajat

Pientuotantolaitteiston tulee irrota jakeluverkosta, mikäli verkon jännite tai taajuus ei pysy annetuissa rajoissa. **Nämä rajat on annettu standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaisesti ja esitetty tämän suosituksen liitteessä 1.** Rajoista käytetään myös termejä suojausasettelut ja suojausparametrit.

Laitteiston on kyettävä pysymään verkossa vähintään 30 min taajuusalueilla 47,5–49,0 Hz ja 51,0–51,5 Hz. Laitteiston tulee (saarekekäytönestosuojauksesta huolimatta) kyetä jatkamaan toimintaansa normaalisti taajuuden suurimman muutosnopeuden ollessa alle 2 Hz/s.

Taajuuden muutosnopeuden mittausta ei saa reagoida järjestelmässä tapahtuvien häiriöiden aiheuttamiin äkillisiin muutoksiin jännitteen käyrämuodossa. Taajuuden muutosnopeuden tunnistavaa suojauslaitetta saa käyttää tuotantolaitteiston suojauksessa vain silloin, kun tuotantolaitteiston mitoitusteho on alle 50 kW. Suojauslaite saa irrottaa tuotantolaitteiston verkosta, mikäli suojausrajan ylittävää taajuuden muutosnopeutta on mitattu vähintään 500 ms ajan.

Fingridin Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV) -dokumentissa kerrotaan tarkemmin taajuudesta riippuvista toiminnoista.

6.2. Etäohjausvalmius

Standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaiset tuotantolaitteet on varustettu logiikkaliitännällä (syöttöportilla), jotta päätöhen tuotanto voidaan lopettaa viiden sekunnin kuluessa käskyn saapumisesta syöttöporttiin. Verkonhaltija voi tarvittaessa edellyttää portin käyttöä sähköverkon turvallisen toiminnan varmistamiseksi.

Selvyyden vuoksi, toistaiseksi logiikkaliitännän käyttöä ei Suomessa olla järjestelmällisesti vaadittu. Verkonhaltija päättää liitännän käytöstä. Liitântä joka tapauksessa pitäisi löytyä kaikista standardinmukaisista tuotantolaitteista.

6.3. Laitteiston tahdistuminen verkkoon

Standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaisesti tuotantolaitteiston kytkentä ja käynnistys sähkötehon tuottamista varten on sallittu vain sen jälkeen, kun jännite ja taajuus ovat sallitun jännitealueen ja sallitun taajuusalueen sisällä vähintään tietyn havaintoajan. Asettelu ehdot riippuvat joko siitä, että kytkentä on normaalikäytön käynnistys tai automaattinen jälleenytkentä liitântälaitteiden suojauksen laukaisun jälkeen.

Standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaisesti pienin havaintoaika laukaisun jälkeiselle verkkoon takaisinkytketymiselle on 60 s. Takaisinkytketymisen jälkeen tuotantoyksikön tuottama päätöteho ei saa ylittää määriteltyä muutosnopeutta ilmaistuna prosentteina nimellispätötehosta (P_n) minuutissa. Jos jakeluverkonhaltija ei muuta määritä, oletusasetus on $100 \% \cdot P_n / 1 \text{ min}$. Ei aseteltavissa oleva tai osittain aseteltavissa oleva tuotantoyksikkö voidaan kytkeä käyttöön uudelleen 1–10 min jälkeen (satunnaisarvo) tai myöhemmin.

Pientuotantolaitteiston synkronisoinnin jakeluverkon kanssa on oltava täysin automaattinen, joten kytkimen sulkeminen manuaalisesti kahden järjestelmän välillä synkronisoinnin suorittamiseksi ei saa olla mahdollista.

6.4. Loss of Mains -suojaus

Pientuotantolaitteiston asetteluiden tavoitteena tulee olla, että tuotantolaitteisto irtoaa verkosta *Loss of Mains* (LoM) -tilanteessa, eli tilanteessa, jossa verkon jännite katoaa.

29.11.2023

Osalla tuotantolaitteista on mahdollista, että mikäli saarekkeen kuormat ovat sattumalta hyvin lähellä yhden tai useamman pientuotantolaitteiston yhteenlaskettua tuotantoa, ei laite kykene havaitsemaan LoM-tilannetta pelkillä jännite- ja taajuusreleillä, vaan jää syöttämään tahattomasti saarekettä.

On toisaalta havaittu, että saarekekäytön tunnistavat laitteet tekevät herkästi virhelaukaisuja, eikä esimerkiksi ROCOF-releiden käyttöä sallita kuin alle 50 kW tehoisille pientuotantolaitteistoille. SFS-EN 50549-1:2019 -standardi ei aseta tarkkoja vaatimuksia saarekekäytön estolle, vaan suojaus tulee jännite- ja taajuusrajojen kautta.

Tätä laajemman saarekekäytön eston vaatiminen on standardeissa annettu verkonhaltijoiden itsensä päätettäväksi.

Saarekekäytönestosuojauksen on perustuttava tunnettuun tekniikkaan, joka soveltuu jakeluverkon suojaukseen.

Joidenkin suojauskeinojen on havaittu aiheuttavan tuotantolaitteiden turhia irtoamisia verkosta, kun verkkoon kykeytyy suuria reaktiivisia kuormia. Osa aktiivisista LoM-suojausmetodeista on näistä syistä kielletty esimerkiksi Tanskassa.

6.5. Pikajälleenkytkennät

Pientuotanto voi tietyissä tapauksissa vaikuttaa verkon pikajälleenkytkentäautomaatiikkaan. Mikäli pientuotannon havaitaan aiheuttavan pikajälleenkytkentäongelmia, voidaan tuotantolaitteiston poiskytketymisaikaa lyhentää tai verkon pikajälleenkytkentöjä pidentää.

6.6. Varavoimakäyttö

Mikäli kuluttaja haluaa käyttää verkon kanssa rinnankäyvää pientuotantolaitteistoa varavoimana, tulee asentaa kaksoiskytkentämahdollisuus, jossa toisella kytkennällä pientuotantolaitteisto toimii verkon kanssa rinnan ja toisella kytkennällä täysin verkosta erotetussa saarekkeessa. Tämä vaatii erillisen verkonvaihtokytkimen ja lisälaitteiston. **On ehdottomasti varmistettava, ettei tuotantolaitteisto voi missään olosuhteissa syöttää samanaikaisesti sekä verkkoa että verkosta erotettua saarekettä, ellei sitä ole tuotantolaitteiston asennusohjeissa nimenomaisesti mahdollistettu.**

Tarkemmat vaatimukset varavoimakäytölle löytyvät standardin SFS 6000-5-55-551.6 ja 551.7 kohdista.

7. Tuotetun sähkön myyminen

Pientuotantolaitteiston sähkölle on aiemmin voinut olla vaikea löytää ostajaa. Lainsäädäntö ei määrää ostovelvoitetta kenellekään markkinaosapuolelle ja verkonhaltijan rooli sähkön ostajana on ristiriidassa sähkömarkkinoiden toimintaperiaatteiden ja eri toimijoille määrättyjen roolien ja vastuualueiden kanssa.

Mutta nykyään jo usea sähkönmyyjä on ilmoittanut ostavansa pientuotettua sähköä. Pientuottajan tulee tehdä verkkoon päin siirtyvälle sähkölleen tuotannon myyntiä koskeva sopimus valitsemansa sähkönmyyjän kanssa. Mikäli pientuottaja ei kehotuksista huolimatta hanki ostajaa verkkoon siirtyvälle sähkölle, voidaan viime kädessä kyseisen käyttöpaikan verkkopalvelu keskeyttää yleisten verkkopalveluehtojen (VPE) mukaisesti.

29.11.2023

Verotuksesta on nykyään olemassa Verohallinnon ohje³. Pääsääntöisesti kotitalouden harjoittamasta pienimuotoisesta sähköntuotannosta ei muodostu verotettavaa tuloa.

8. Pientuotannon mittaus

Mittauskäytännöt ja mittausta koskeva lainsäädäntö ovat erilaiset eri kohteissa riippuen kohteen koosta. Mittausta koskevat ohjeet ja suositukset on koottu Energiateollisuus ry:n Sähkön mittauksen periaatteet -ohjeeseen⁴.

Mittauksen aiheuttamia kustannuksia on käsitelty luvussa 10. Hinnitteluperiaatteet.

9. Tuotantoa koskevat sopimukset

Tuotantolaitoksen liittämistä voidaan tehdä tuotannon liittymissopimus. Liittymissopimuksen tarve arvioidaan kuitenkin tapauskohtaisesti. Tuotannon liittymissopimuksessa sovelletaan Energiateollisuus ry:n suosittelemia liittymisehtoja (LE).

Kun tuotantolaitos liitetään sähköverkkoon siten, että sen tuottama energia voidaan siirtää osin tai kokonaan jakeluverkkoon, tulee sähköverkonhaltijan kanssa tehdä tuotantoa koskeva verkkopalvelusopimus. Tämä tarkoittaa sitä, että normaalisti käyttöpaikassa voimassa olevaa verkkopalvelusopimusta laajennetaan koskemaan myös tuotantoa. Käyttöpaikan verkkopalvelusopimuksissa sovelletaan Energiateollisuus ry:n suosittelemia yleisiä verkkopalveluehtoja (VPE).

9.1. Pientuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot

Pientuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalle tiedot tuotantolaitteiston teknisistä ominaisuuksista. Verkonhaltijalle tulee myös ilmoittaa tuotantolaitteiston muutoksista.

Tuottajan tulee antaa verkonhaltijan tarvitsemat tiedot ennen liittämistä. Verkonhaltija antaa liittämisluvan mm. näiden tietojen perusteella. Verkonhaltija voi pyytää tarpeen mukaan esimerkiksi seuraavia tietoja:

- Tuotantolaitteiden, verkkoonliityntälaitteiden (invertteri) ja mahdollisten lisälaitteiden tyyppikilpiin kirjatut tiedot sekä laitteiston syöttämä suurin vikavirta
- Testauspöytäkirja, josta selviää, että tuotantolaitteisto täyttää suojausvaatimukset, mukaan lukien keskitetyn suojauksen toiminta
- Tuotantolaitteiston verkkoon kytkeytymistapa (automaattinen/manuaalinen) ja kytkeytymisaika
- Tieto laitteiston erottamisratkaisusta ja erottimen tiedot
- Testauspöytäkirjat, joista selviää, että laitteisto täyttää luvussa 5.1. esitetyt EMC-vaatimukset

Tietojen toimittamiseen voidaan käyttää Energiateollisuus ry:n suosittelemaa pientuotannon yleistietolomaketta.

Kun laitteisto on kytketty verkkoon, tuottajan tulee verkonhaltijan pyytäessä toimittaa verkonhaltijalle asianmukainen käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Jos laitteisto on yksivaiheinen, tulee käydä ilmi, mille vaiheelle se on liitetty.

Tuotantolaitteistoa voidaan käyttää vasta, kun verkonhaltija on antanut luvan laitteiston käyttöön. Mikäli kohteeseen on kytketty tuotantoa ilman kytkentälupaa, voidaan viime

³ <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48484/kotitalouden-s%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon-tuloverotus/>

⁴ https://energia.fi/energiasta/energiamarkkinat/sanomaliikenne/ohjeet_ja_suositukseset

29.11.2023

kädessä kyseisen käyttöpaikan verkkopalvelu keskeyttää yleisten verkkopalveluehtojen (VPE) mukaisesti.

Luvattomasti liitetyn tuotannon tapauksessa ei ole varmuutta, täyttyvätkö esimerkiksi sähköturvallisuuslain vaatimukset, joten sähköturvallisuuden varmistamiseksi käyttöpaikan katkaisu voidaan tehdä nopeasti, ilman ennakkovaroitusta, mikäli toimenpiteelle on perusteltu tarve.

10. Hinnoitteluperiaatteet

Tässä luvussa eritellään pientuotantokohteiden liittymismaksujen ja verkkopalvelumaksujen hinnoittelua.

10.1. Liittymismaksu

Sähkömarkkinalain 20 §:n mukaan verkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät käyttöpaikat ja sähköntuotantolaitteistot. Sähkömarkkinalain 56 §:n mukaan enintään 2 MVA:n tuotantotehoon asti tuotannon liittymismaksuun ei saa sisällyttää sähköverkon vahvistamisesta aiheutuvia kustannuksia.

Liittymien hinnoitteluperiaatteet on kuvattu tarkemmin Energiaviraston vahvistamissa liittymien hinnoittelumenetelmissä⁵.

10.2. Verkkopalvelumaksu

Pien- ja keskijänniteverkkoon liittyneeltä tuotannolta saa sähkömarkkina-asetuksen (VNA sähkömarkkinoista) mukaan veloittaa verkkoon annosta enintään 0,07 c/kWh tuotannon siirtomaksua (alv 0 %). Lisäksi voidaan veloittaa lisäpalveluista. Käytöstä (verkosta otto) veloitetaan normaalit käyttöä koskevat maksut. Oman tuotannon kulutuksesta peritään yleensä maksuja vain yli 1 MVA:n tuotantoteholta. Tämä johtuu kantaverkkomaksujen määrittelyperiaatteista.

10.3. Mittauskustannukset

Mittarointimaksu

Energiaviraston päätöksen 20.2.2018 (Dnro 1062/420/2017) nojalla tuotannon aloittamisesta ei saa periä maksua asiakkaalta.

⁵ https://energiavirasto.fi/verkkoon-liittaminen#liittymismaksujen_maarittaminen

Liite 1 - Suositeltavat tuotantolaitteistojen tekniset vaatimukset

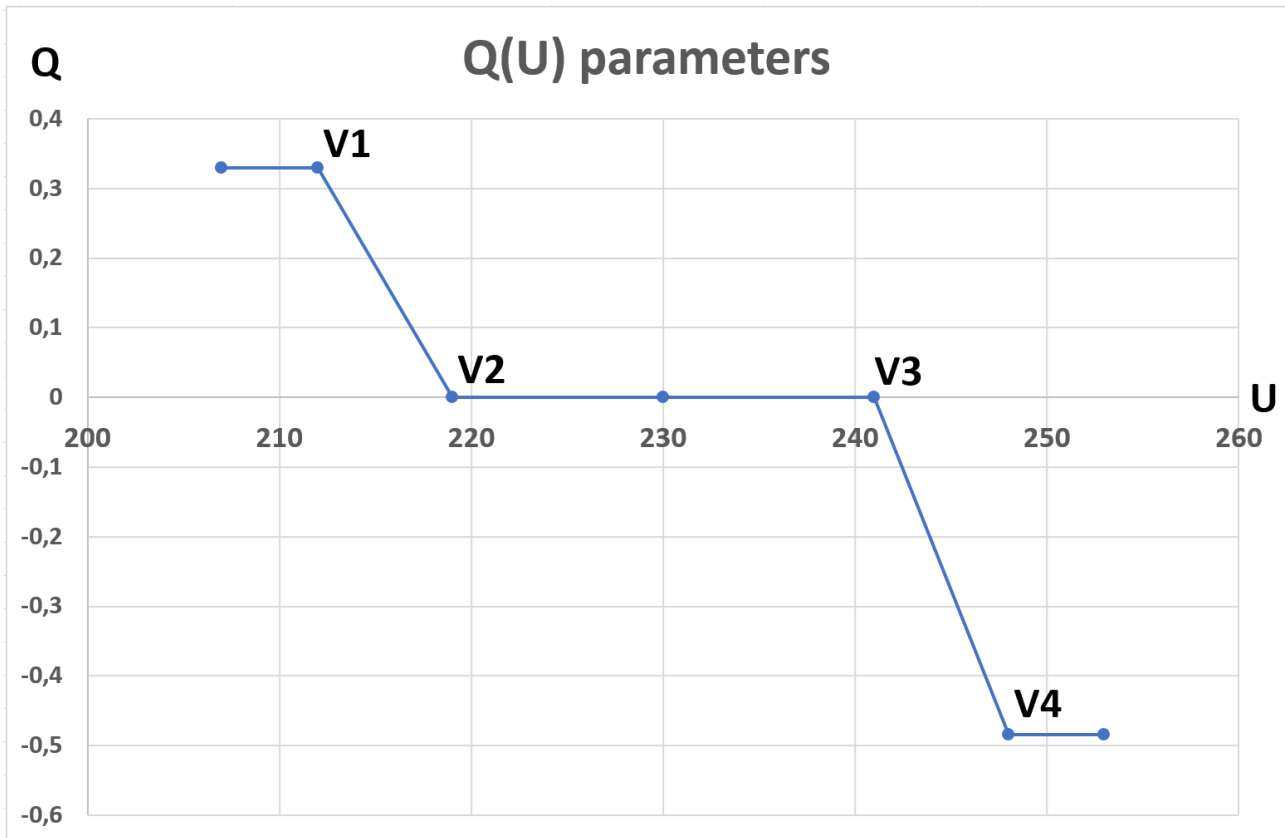
Annex 1 - Recommended technical requirements for electricity generating plants up to 1 MW

Tekniset vaatimukset on listattu käyttäen SFS-EN 50549-1:2019 -standardin mukaista kappalenumerointia. Standardia ei ole suomennettu. Yksiselitteiset kohdat on kuitenkin käännetty suomeksi.

Taulukko C.1 — Parametritaulukko				X tarkoittaa, että jakeluverkonhaltija saattaa vaatia tästä taulukosta poikkeavia asetuksia 50 - 1000 kW tuotantolaitteistoille	O tarkoittaa, että asetusta ei vaadita, mutta sitä voi käyttää, jos asetusta ei haluta jättää tyhjäksi
Standardin kappale	Parametri	Suositeltavat oletusasettelut, enintään 1000 kW tuotantolaitteistot		Verkonhaltijakohtainen asettelu mahdollinen 50 - 1000 kW tuotantolaitteistoille (X)	Ei vaadita (O) (JVJ:n laiteluokka A:n mukaiset tuotantolaitteistot)
4.3.2 Interface switch	Single fault tolerance for interface switch required	ei // no			
4.4.2 Operating frequency range	47,0 – 47,5 Hz Duration	0 s			
	47,5 – 48,5 Hz Duration	30 min			
	48,5 – 49,0 Hz Duration	30 min			
	49,0 – 51,0 Hz Duration	rajoittamaton // unlimited			
	51,0 – 51,5 Hz Duration	30 min			
4.4.3 Minimal requirement for active power delivery at underfrequency	Reduction threshold	49,0 Hz			
	Maximum reduction rate	10 % P _M /Hz			
4.4.4 Continuous operating voltage range	Upper limit	110% U _n			
	Lower limit	85% U _n			
4.5.2 Rate of change of frequency (ROCOF) immunity	ROCOF withstand capability (defined with a sliding measurement window of 500 ms)	(ei aseteltavissa // not configurable)	2 Hz/s		
4.5.3.2 Generating plant with non-synchronous generating technology	Maximum power resumption time	1 s			O
	Voltage-Time-Diagram	Aika // Time [s]	U (jännite // voltage) [p.u.]		O
		0	0,05		O
		0,15	0,05		O
	1,5	0,85		O	
4.5.3.3 Generating plant with synchronous generating technology	Maximum power resumption time	3 s			O
	Voltage-Time-Diagram	Aika // Time [s]	U (jännite // voltage) [p.u.]		O
		0	0,05		O
		0,15	0,05		O
		0,15	0,7		O
	0,7	0,7		O	
	1	0,85		O	

		Aika // Time [s]	U (jännite // voltage) [p.u.]		
4.5.4 Over-voltage ride through (OVRT)	Voltage-Time-Diagram	0	1,25		0
		0,1	1,25		0
		0,1	1,2		0
		5	1,2		0
		5	1,15		0
		60	1,15		0
		60	1,1		0
4.5.5 Phase jump immunity	Phase jump immunity	(ei aseteltavissa // not configurable)	20°		
4.6.1 Power response to overfrequency	Threshold frequency f_1	50,5 Hz			
	Droop	4 %			
	Power reference	Pmax			
	Intentional delay	0-2 s			
	Deactivation threshold f_{stop}	ei käytössä // not used			
	Deactivation time t_{stop}	ei käytössä // not used			
	Acceptance of staged disconnection	ei sallita // not allowed			
4.6.2 Power response to underfrequency	Threshold frequency f_1	49,5 Hz			0
	Droop	4 %			0
	Power reference	Pmax			0
	Intentional delay	0 s			0
4.7.2.2 Capabilities	Active factor range overexcited	0,9			
	Active factor range underexcited	0,9			
4.7.2.3 Control modes	Enabled control mode	Q(U)		X	
4.7.2.3.2 Setpoint control modes	Q setpoint and excitation	ei käytössä // not used		X	
	cos φ setpoint and excitation	ei käytössä // not used		X	
4.7.2.3.3 Voltage related control modes	Characteristic curve	alla liitteenä // attached below		X	
	Time constant	10 s		X	
	Min cos φ	0,9		X	
	Lock in power	ei käytössä // not used		X	
	Lock out power	ei käytössä // not used		X	
4.7.2.3.4 Power related control mode	Characteristic curve	alla liitteenä // attached below		X	
4.7.4.2.2 Zero current mode for converter connected generating technology	Enabling	ei käytössä // not used			
	Static voltage range overvoltage	120 % U_n			
	Static voltage range undervoltage	50 % U_n			
4.9.3 Requirements on voltage and frequency protection	4.9.1 Threshold for protection as dedicated device [in A or kW, kVA]	50 kW Huom! Uusi vaatimus 50 - 1000 kW tuotantolaitteistoille! Täytyy löytyä rele+kytkinlaite! (circuit breaker/switch/contactor)			
	Undervoltage threshold stage 1	0,8 U_n		X	
	Undervoltage operate time stage 1	1,5 s		X	
	Undervoltage threshold stage 2	0,2 U_n (Oletuksena ON, verkonhaltijan määriteltävissä ON/OFF // Default ON, system operator may define ON/OFF)		X	
	Undervoltage operate time stage 2	0,25 s (Oletuksena ON, verkonhaltijan määriteltävissä ON/OFF // Default ON, system operator may define ON/OFF))		X	
	Overtvoltage threshold stage 1	1,2 U_n		X	
	Overtvoltage operate time stage 1	1 s		X	
	Overtvoltage threshold stage 2	ei käytössä // not used		X	
	Overtvoltage operate time stage 2	ei käytössä // not used		X	

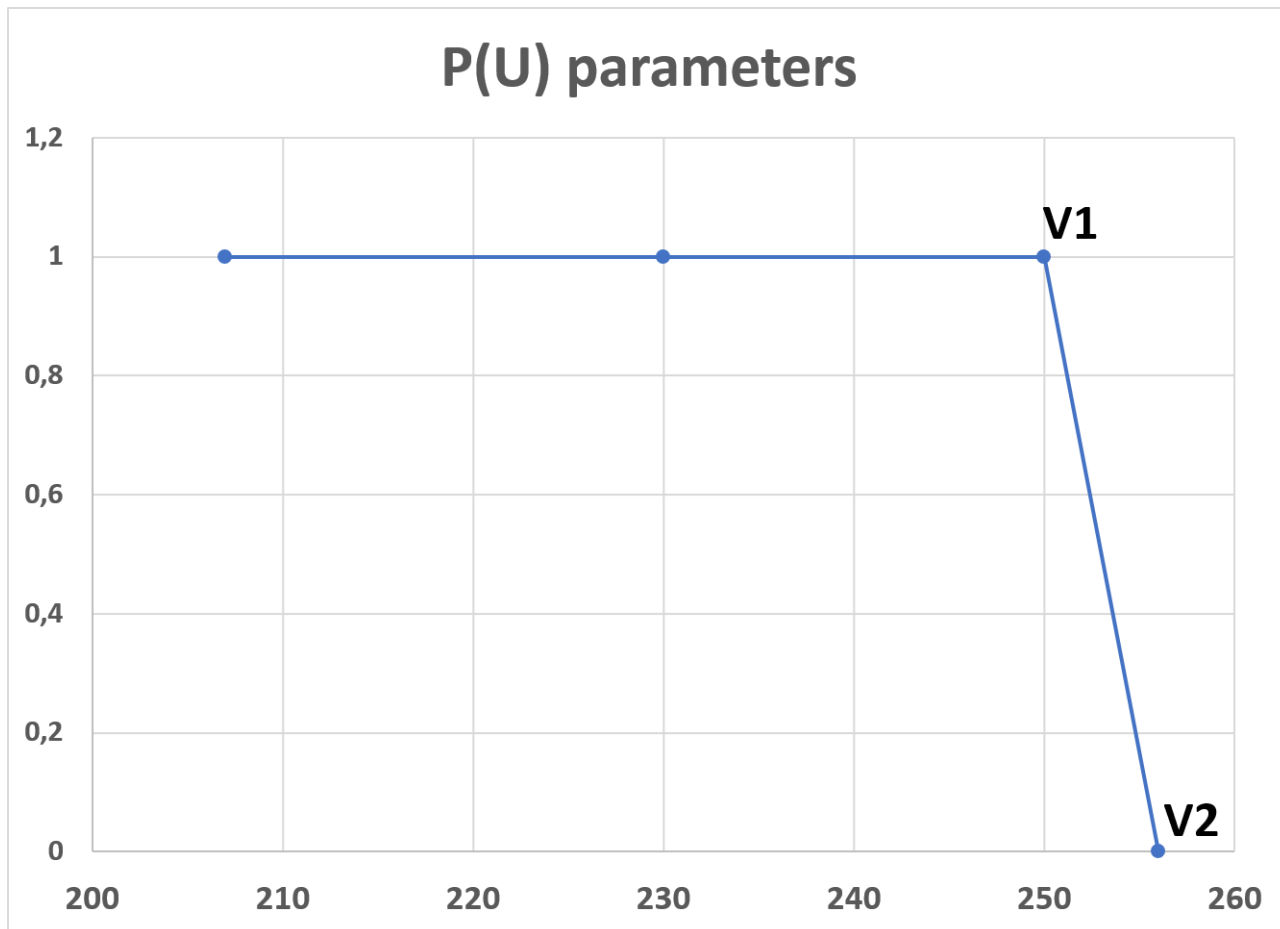
4.9.3 Requirements on voltage and frequency protection	Overvoltage threshold 10 min mean protection	1,1 Un		
	Underfrequency threshold stage 1	47,5 Hz		
	Underfrequency operate time stage 1	0,2 s		
	Underfrequency threshold stage 2	ei käytössä // not used		
	Underfrequency operate time stage 2	ei käytössä // not used		
	Overfrequency threshold stage 1	51,5 Hz		
	Overfrequency operate time stage 1	0,2 s		
	Overfrequency threshold stage 2	ei käytössä // not used		
Overfrequency operate time stage 2	ei käytössä // not used			
4.10.2 Automatic reconnection after tripping	Lower frequency	49,0 Hz		
	Upper frequency	51,0 Hz		
	Lower voltage	0,85 Un		
	Upper voltage	1,10 Un		
	Observation time	60 s		
	Active power increase gradient	Enintään // Maximum: 100 % / min		
4.10.3 Starting to generate electrical power	Lower frequency	49,0 Hz		
	Upper frequency	51,0 Hz		
	Lower voltage	0,85 Un		
	Upper voltage	1,10 Un		
	Observation time	60 s		
	Active power increase gradient	Enintään // Maximum: 100 % / min		
4.11.1 Ceasing active power	Remote operation of the logic interface	Kyllä; portti täytyy löytyä, mutta verkonhaltija päättää, käytetäänkö sitä // Yes; remote operation must be possible, but system operator decides whether it is used		
4.11.2 Reduction of active power on set point	Remote operation NOTE: If yes further definition is provided by the DSO	ei // no		0
4.12 Remote information exchange	Remote information exchange required NOTE: If yes further definition is provided by the DSO	ei // no		0
Loss of Mains -suojaus / Loss of Mains protection	Käytetty funktio / Used function	Hyväksytyt funktiot / Accepted functions: - ROCOF 2 Hz/s (<u>vain alle 50 kW! // Only generating plants less than 50 kW!</u>) - Vector shift 10 astetta // degrees - Aktiivimetodit inverttereissä // Inverter active methods	X	
	Toiminta-aika / Operation time	0,5 s Voidaan poiketa verkonhaltijan harkinnalla, mikäli LoM-suojaus on luotettava // DSO may choose otherwise, if LoM protection is reliable	X	



V1 = 212 V	Q = 0,329	cos φ = 0,95 cap.
V2 = 219 V	Q = 0	cos φ = 1
V3 = 241 V	Q = 0	cos φ = 1
V4 = 248 V	Q = -0,484	cos φ = 0,90 ind.

Note: According to EN 50549-1, chapter 4.7.2.2:

“P-Q Diagram shall be included in the product documentation of a generating unit.”



V1 = 250 V	P = 100 %
V2 = 256 V	P = 0 %

Note: According to EN 50549-1, chapter 4.7.2.2:

“P-Q Diagram shall be included in the product documentation of a generating unit.”

Liite 2 – Vastauksia suosituksesta esitettyihin kysymyksiin

Miten kappaleen 3.2 kaava 44 W/A tuotannon liittämiseksi on määritelty?

- Kaavassa on huomioitu LUT-yliopiston tutkimushankkeessa⁶ tehdyt havainnot, jotka ovat perusteena lieventää aiemmassa YA 9:13 -verkostosuosituksessa käytettyä kaavaa. Lievennysperusteet ovat osittain aurinkosähkölle ominaisia, joten muulle pientuotannolle kaavaa ei tule sellaisenaan käyttää.

Perusteet ovat:

- o tuotannon nopean jännitemuutoksen lievempi 5 % raja (aiemmin 4 %)
 - o aurinkosähkön tuotantoteho on hyvin harvoin nimellinen ja tutkimushankkeen perusteella arvioitu suurin mahdollinen tuotantotehon vaihtelu on korkeintaan noin 70 %/s luokkaa
 - o kaava myös perustuu verkon kolmivaiheiseen oikosulkuvirtaan, joka on tyypillisesti yksivaiheista oikosulkuvirtaa suurempi
- Muulle kuin aurinkosähkölle voidaan soveltaa aiemman YA 9:13 -verkostosuosituksen kaavaa (joka perustuu Senerin ohjeeseen vuodelta 2001), jonka mukaan näennäistehon S_N pientuotantolaitoksen verkkoon kytkeminen voidaan normaalisti sallia, jos liittämiskohdan oikosulkuteho S_k toteuttaa epäyhtälön:

$$S_k \geq 20 \cdot i_{suhde} \cdot S_N$$

Epäyhtälö on muuten sama kuin aiemmassa suosituksessa, mutta kerroin 20 on pienempi, johtuen nopean jännitteenmuutoksen rajan nostosta (4 → 5 %). i_{suhde} on käynnistysvirtakerroin, jota käytetään esimerkiksi tahtikoneiden kohdalla.

- Mikäli akkuvarasto tai sähköauton kaksisuuntainen lataus kykenee yli sadan prosentin tuotantotehon vaihteluun (tuotantotehosta kulutustehoon tai toisin päin), suurentaa se kaavan kerrointa vastaavasti.
 - o Esimerkiksi täydestä tuotantotehosta täyteen kulutustehoon tarkoittaa 200 % muutosta, mikäli tuotanto- ja kulutusteho ovat samansuuruisia. Tällöin kaavan kerroin 20 korvataan kertoimella 40.

Onko tuotantolaitteiston tuotantotehon ohjelmallinen rajoittaminen sallittua?

- Verkonhaltija voi päättää sallia tuotantotehon ohjelmallisen rajoittamisen, mikäli:
 - o Rajoittaminen tapahtuu tuotantolaitteessa asetuksella, joka ei ole käyttäjän muutettavissa
 - o Rajoittamisen jälkeen asetus ei voi muuttua ilman verkonhaltijan lupaa, esimerkiksi ohjelmistopäivityksen yhteydessä
- Luonnollisesti tuotantotehoa voi rajoittaa ilman lupaa, mikäli rajoitettu teho on pienempi kuin, mille on verkonhaltijalta saatu kytkentälupa.
- Tuotantotehon ohjelmallinen rajoittaminen koskee tuotantolaitteen tuotantotehoa, ei esimerkiksi sähkömittarin kohdalta mitattua verkkoon myytävää tuotantotehoa. Tämän tehon rajoittamisella ei ole vaikutusta mitoitusperiaatteisiin tai keskitettyyn suojaukseen.

⁶ Laaja-alaisen aurinkosähkön yleistymisen huomioivat sähköverkon mitoitusperiaatteet, LUT- ja Tampereen yliopistot, <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-889-8>

29.11.2023

Kuinka akkuvarastojen ja sähköauton kaksisuuntaisen latauksen kohdalla toimitaan?

- Tämän suosituksen kirjoitushetkellä päivitetty tuotannon ja kulutuksen liittämisen verkkosäännöt (RfG ja DCC) ovat vielä valmisteilla, joten ne eivät ehtineet mukaan tähän suositukseen.
 - o Päivitettyjen verkkosääntöjen vahvistuttua on odotettavissa, että akkuvarastojen ja sähköauton kaksisuuntaisten latauslaitteiden liittämiseen tulee uusia ohjeita.
- Lähtökohtaisesti EU:ssa myytäväksi hyväksytyt EN 50549 -standardisarjan mukaiset akkuvarastot ja sähköauton kaksisuuntaiset latauslaitteet voidaan hyväksyä kytkettäväksi verkkoon, mikäli ne noudattavat samoja tai tiukempia suojausasetteluita kuin aurinkosähkön tuotantolaitteet.

Tuleeko keskitetty suojaus asentaa myös tuotantolaitteiston laajennuksen yhteydessä?

- Kyllä. Tuotannon laajennusten kohdalla käytetään uuden tilanteen mukaisia sääntöjä. Vaatimus on yhtenevä RfG-verkkosäännön vaatimusten kanssa.

Kuinka keskitetty suojaus toteutetaan kohteessa, jossa tuotantolaitteet sijaitsevat kahdessa tai useammassa rakennuksessa?

- Keskitetyn suojauksen toimintaperiaatteena on, että kaikki tuotantolaitteet irtoavat verkosta, kun yhden ja vain yhden mittauspisteen jännite tai taajuus ylittää/alittaa raja-arvot. Keskitetty suojaus on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa.
 - o Tarpeen mukaan myös tuotannon laajennukseen on varauduttava.
- Saksalaisen VDE-AR-N 4105:2018-11 -vaatimusdokumentin liitteestä B (Annex B) löytyy esimerkkitoteutuksia keskitetystä suojauksesta, joita voi soveltaa, vaikka kyseistä vaatimusdokumenttia ei Suomessa sovelletakaan.
- Juridisesti päätöksen keskitetyn suojauksen vaatimisesta tekee verkonhaltija, standardin SFS-EN 50549-1 kappaleen 4.9.1 mukaisesti.
 - o Verkonhaltijan on myös mahdollista käyttää tapauskohtaista kokonaisharkintaa arvioidessaan tuotantolaitteiston aiheuttamia riskejä, jotka suhteutetaan tehtyihin suojausratkaisuihin sekä kyseisen jakeluverkon osan muuhun olemassa olevaan ja ennakoituun kulutukseen ja tuotantoon.

Vaaditaanko keskitettyä suojausta yksittäiseltä vähintään 50 kW tuotantolaitteelta?

- Vaaditaan, standardin SFS-EN 50549-1 kappaleen 4.9.1 mukaisesti.