

PIENTUOTANNON JA SÄHKÖVARASTOJEN LIITTÄMINEN SÄHKÖNJAKELUVERKKOON

YA 9:23

päivitetty 2.6.2025

Verkostosuosituksen laatimisesta vastannut työryhmä:

Jari Vuorela, Caruna Oy
Henri Vierimaa, Caruna Oy
Hanna-Mari Aalto, Elenia Verkko Oyj
Hannu Leppämäki, Elenia Verkko Oyj
Jukka Johansson, Elenia Verkko Oyj
Lasse Linnamaa, Fingrid Oyj
Joona Mörsky, 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
Teemu Tirkkonen, Savon Voima Verkko Oy
Kaisa Grip-Lappalainen, Tampereen Energia Sähköverkko Oy
Kari Tappura, Tampereen Energia Sähköverkko Oy
Ari Salo, Vaasan Sähköverkko Oy
Ville-Matti Varonen, Vaasan Sähköverkko Oy
Tuukka Heikkilä, Energiateollisuus ry

Suosituksen muutostaulukko:

Julkaisupäivä	Keskeiset muutokset
29.11.2023	Alkuperäinen suositus
2.6.2025	-Soveltamisalasta poistettu 1 000 V yläraja, jolloin suositus pätee kaikkeen enintään 1 MW tuotantoon -Otettu käyttöön Fingridin VJV&SJV2024 -dokumenttien määritelmiä -Tarkennettu sähkövarastojen/kotiakkujen liittämisen ohjeistusta -Täsmennetty Q(U) -säädön toiminnan selostus vastaamaan standardissa määriteltä -RoCoF- ja Vector Shift -suojausten vähimmäisasetukset (Liite 1: Loss of Mains -suojaus) muutettu VJV2024 vaatimusten mukaisiksi -Lisätty vaatimus käyttöönottotarkastuspöytäkirjan toimittamisesta (kappale 8.1., löytyy myös päivitetystä yleistietolomakkeesta)

Tämä 2.6.2025 päivätty verkostosuositus korvaa:

- 30.9.2019 päivätyn verkostosuosituksen YA 9:13 sekä
- 3.6.2021 päivätyn suosituksen "Sähkön pientuotannon tekniset vaatimukset" sekä
- 29.11.2023 päivätyn verkostosuosituksen YA 9:23 alkuperäisen version.

Ajankohtaiset sähkön pientuotannon ja sähkövarastojen jakeluverkkoon liittämisen ohjeet, suositukset ja lomakkeet löytyvät lyhytosoitteesta: www.energia.fi/pientuotanto

Sisällys

Termistöt ja määritelmät	4
1. Johdanto	6
2. Siirtymäaika ja soveltaminen	6
3. Pientuotannon määrittely ja liittäminen	7
3.1. Yksi- tai kaksivaiheisen tuotannon rajausta	7
3.2. Pientuotannon liitettävyyttä	7
3.3. Pientuotannon ja sähkövarastojen liitettävyyden suunnitteluperiaatteet verkonhaltijalle.....	8
3.4. Lois- ja pätötehon säätö jännitteen perusteella	11
3.5. Liitännäsuojaus ja keskitetty liitännäsuojaus	12
3.6. Etäkytkimen käyttö	13
3.7. Tuotantolaitteiston erottaminen ja sähkötyöturvallisuus verkossa.....	13
3.8. Takasyöttöriskin huomioiminen	14
3.9. Pientuotantokohteiden merkitseminen	14
4. Tuotantolaitteiston syöttämän sähkön laatu	14
4.1. EMC-vaatimukset	15
4.2. Sähkön laatu	15
5. Tuotantolaitteiston kytkeytyminen jakeluverkkoon ja irtoaminen jakeluverkon vikatilanteissa	15
5.1. Liitännäsuojauksen parametrien asetteluarvot ja toiminta-ajat	15
5.2. Etäohjausvalmius	16
5.3. Laitteiston tahdistuminen verkkoon	16
5.4. <i>Loss of Mains</i> -suojaus	16
5.5. Pikajälleenkytkennät.....	17
5.6. Varavoimakäyttö.....	17
6. Tuotetun sähkön myyminen	17
7. Pientuotannon mittaus	18
8. Tuotantoa ja sähkövarastoja koskevat sopimukset	18
8.1. Pientuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot	18
9. Hinnoitteluperiaatteet	19
9.1. Mittauskustannukset.....	19
Liite 1 - Suositeltavat tuotantolaitteistojen tekniset vaatimukset.....	20
Liite 2 - Vastauksia suosituksesta esitettyihin kysymyksiin	25

Termistöt ja määritelmät

EMC = Sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic compatibility)

Erilliskäyttöinen voimalaitos = Tuotantolaitteisto, joka on suunniteltu toimimaan vain sähköjärjestelmän poikkeus- tai häiriötilanteessa tai saarekekäytössä.

Hybridivoimalaitos = Tuotantolaitteisto, jossa saman liittymispisteen taakse on liitetty erityyppisiä laitososioita, kuten eri primäärienergianlähteeseen (aurinko, tuuli, vesi ym.) perustuvia voimalaitoksia tai sähkövarastoja, joiden liittymispisteeseen syöttämää pätötehoa tai loistehoa ohjaa laitososiolle yhteinen säätäjä.

I_k = oikosulkuvirta

I_{k1} = yksivaiheinen oikosulkuvirta

I_{k3} = kolmivaiheinen oikosulkuvirta

Jännitteensäätäjä = Säättää tuotantolaitteiston tuottamaa loistehoa käyttäen referenssinään joko generaattorin liitinjännitettä tai liittymispisteen jännitettä (engl. automatic voltage regulator (AVR)). Ei tule sekoittaa päämuuntajan jännitteensäätäjään, jonka toimintatapa on erilainen, vaikka nimi on sama.

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

LFSM-O: Taajuussäätö ylitaajuustoimintatila (engl. limited frequency sensitive mode – overfrequency) on pätötehon säätötila, jossa tuotantolaitteiston pätötehoa aletaan alentaa automaattisesti tietyn taajuuden yläpuolella. EN 50549 -standardisarjassa kohta 4.6.1. Suomen asettelut tämän suosituksen liitteessä 1.

LFSM-U: Taajuussäätö alitaajuustoimintatila (engl. limited frequency sensitive mode – underfrequency) on pätötehon säätötila, jossa tuotantolaitteiston pätötehoa aletaan nostaa automaattisesti tietyn taajuuden alapuolella. EN 50549 -standardisarjassa kohta 4.6.2. Suomen asettelut tämän suosituksen liitteessä 1.

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

Loisteho = Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulon imaginäärikomponentti, yksikkö var (myös kvar, Mvar).

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 saareketta.

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

Mitoitusteho ($P_{\max}$) = Tuotantolaitteiston mitoitusteho on tuotantolaitteiston liittymispisteestä mitattava suurin pätöteho, jolla laitos voi toimia yhtäjaksoisesti ilman aikarajaa ja joka on määritetty liittymis- tai verkkopalvelusopimuksessa, tai muuten määritetty liittymispisteen verkonhaltijan ja liittyjän kesken.

Näennäisteho = Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulo, yksikkö VA (myös kVA, MVA).
 P_J = pienjännite, $U \leq 1\,000\text{ V}$ (sähköturvallisuuslain määritelmä)

Pätöteho = Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulon reaalikomponentti, yksikkö W (myös kW, MW).

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

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

Säädön toimintatila = Säädön toimintatila tarkoittaa erilaisia tuotantolaitteiston säätöjärjestelmien toimintatiloja, esimerkiksi vakiopäätötehosäätö, taajuussäätö, vakioaloistehosäätö tai vakiojännitesäätö (engl. control mode, ks. EN 50549 -standardisarjan kohta 4.7.2.3).

Taajuussäätö = Tuotantolaitteisto säätää määritetyn statiikan perusteella tuottamaansa pätötehoa sähköjärjestelmän taajuuden mukaan. Näin voimalaitos tukee toiminnallaan sähköjärjestelmän taajuuden ylläpitoa (engl. frequency control).

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

Toimintatila = Ks. säädön toimintatila

Tuotantolaitte = 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

Voimalaitos = Tuotantolaitteisto

1. Johdanto

EU:n asettamat uusiutuvan energian lisäys- ja ilmastotavoitteet, pienten energiantuotanto- ja varastointilaitteistojen hintojen halpeneminen, kuluttajien halu pienentää sähkölaskuaan sekä kulutuspäätöksiä enenevästi ohjaava ympäristötietoisuus ovat lisänneet kiinnostusta hajautetusti sijoitettuun sähkön pientuotantoon ja varastointiin. Verkonhaltijan tehtävänä on tarjota tuotannolle ja sähkövarastoille luotettava liitanta jakeluverkkoon ja taata sähkön jakelun turvallinen toiminta myös laitteiston liittämisen jälkeen.

Tämän verkostosuosituksen tarkoituksena on helpottaa pientuotannon liittämisprosessia kaikkien asianosaisten kannalta. Suosituksessa on rajauduttu tarkastelemaan enintään 1 MW (1 000 kW) sähköntuotanto- ja sähkövarastolaitteistoja. Suositus perustuu standardiin SFS-EN 50549-1. Selvyyden vuoksi, keskijännitteen osalta käytetään standardia SFS-EN 50549-2.

Standardista SFS-EN 50549-1 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. Tämä verkostosuositus korvaa myös YA 9:23:n alkuperäisen, 29.11.2023 julkaistun version.

Suositus ei yksin riitä pientuotannon liittämisen vaatimusten perusteiden hahmottamiseen, vaan **vaatii rinnalleen vähintään SFS-EN 50549-1-standardin sekä kantaverkonhaltija Fingridin Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV) -dokumentin². Sähkövarastojen tapauksessa tarvitaan myös Sähkövarastojen järjestelmätekniset vaatimukset (SJV) -dokumentti³.**

Erityisesti 50 kW ja suuremmat tuotantolaitteistot sekä sähkövarastot edellyttävät aina perusteellista kiinteistökohtaista tarkastelua. Ohjeita kiinteistökohtaiseen tarkasteluun löytyy Sähkötiedon ST-käsikirjasta 40: Aurinkosähkölaitteistojen suunnittelu ja toteutus. Selvyyden vuoksi, tämä suositus YA 9:23 koskee kaiken tyyppisiä enintään 1 MW tuotantolaitteistoja sekä sähkövarastoja.

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. Kytkentäluvasta kannattaa ehdottomasti keskustella ennen laitteistojen hankintaa.

Tässä suosituksessa määritellyt suojausasettelut (Liite 1) sisältävät VJV2024:n mukaiset vaatimukset. VJV2024:n mukaisesti, liittyjän vastuulla on täyttää ja ylläpitää vaatimukset, mikäli tuotantolaitteiston sitova hankintasopimus on tehty 1.7.2025 jälkeen. Muussa tapauksessa liittyjän tulee täyttää ja ylläpitää ne vaatimukset, jotka ovat olleet voimassa voimalaitoksen liittymissopimusta tehtäessä. Vaatimukset tulee täyttää liittymispisteessä tai vaatimuskohtaisesti erikseen määritetyssä pisteessä.

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

² <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/tekniset-vaatimukset/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/>

³ <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/tekniset-vaatimukset/sahkovarastojen-jarjestelmatekniset-vaatimukset/>

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.

Mikäli verkonhaltijalle ei toimiteta tietoa Q(U) -säädön toiminnasta, tai muista tässä suosituksessa mainituista asetteluista, ei tuotantolaitteelle ole velvollisuutta antaa kytkentälupaa. Ilman tietoa asetteluista ei ole varmuutta tuotantolaitteen turvallisuudesta osana julkista jakeluverkkoa.

Selvyyden vuoksi, Q(U) -säätö ei ole ainoa tai tärkein asettelu, mutta sen asetteluarvoista voi kohtalaisella varmuudella päätellä tuotantolaitteen olevan Suomen sähköverkkoon soveltuva.

3. Pientuotannon määrittely ja liittäminen

Tämä verkostosuositus keskittyy käsittelemään pääosin kuluttajakäytössä olevia pientuotantolaitteistoja. Verkostosuositusta voidaan kuitenkin hyödyntää kaikkien sellaisten pientuotantolaitteistojen liittämisenä, joiden nimellisteho on enintään 1 MW. **Jakeluverkonhaltijoiden suojausvaatimukset saattavat vaihdella riippuen siitä, mihin jännitetasoon tuotantolaitteisto kytketään.**

Erityisesti yli 1 000 V jakeluverkkoon kytkeminen voi olla huomattavan erilaista verrattuna pienjänniteverkkoon kytkemiseen. Lisäksi pientuotannon eurooppalainen standardisarja riippuu jännitetasosta (EN 50549-1 versus EN 50549-2). **On ehdottoman tärkeää olla verkonhaltijaan yhteydessä ennen laitehankintoja tai sitovia sopimuksia.**

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

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

3.1. Yksi- tai kaksivaiheisen tuotannon raja

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 pienjänniteverkossa 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 liitettävyy

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.

Sähkövarastoa ei lasketa pientuotannoksi, mutta koska sähkövarasto kytketään yleensä samankaltaiseen verkkoonliitälaitteeseen (invertteriin) kuin pientuotanto, sovelletaan niihin joitakin samoja sääntöjä.

3.3. Pientuotannon ja sähkövarastojen liitettävyyden suunnitteluperiaatteet verkonhaltijalle

3.3.1. Yleiset periaatteet pientuotannon ja sähkövarastojen liittämiseksi pienjännitteiseen jakeluverkkoon

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

Urakoitsija voi hyödyntää tämän ja seuraavien lukujen tietoja sen arvioimisessa, kuinka suuren tuotantolaitteiston tai sähkövaraston liittäminen on tyypillisesti mahdollista ilman verkonhaltijan erillisiä verkon vahvistustoimenpiteitä.

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantolaitteisto tai sähkövarasto, mikäli seuraavat reunaehdot täyttyvät:

- Tuotantolaitteiston tai sähkövaraston käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta mitoitusoikosulkuvirran mukaan laskettuna liian suurta jännitteen muutosta
- Sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy normaalitilanteessa aina SFS-EN 50160 rajoissa
- Tuotantolaitteiston tai sähkövaraston käynnistysvirta ei ylitä liittymissopimuksen tai verkkopalvelu-sopimuksen maksimitehon mukaista virran huippuarvoa
- Verkossa on riittävästi vapaata kapasiteettia kaikissa verkon kytkentätilanteissa
- Muut reunaehdot, joilla varmistetaan verkon turvallisuus sekä pientuottajalle/sähkövaraston haltijalle että verkon muille asiakkaille

Sähköliittymän paikallisesti mitattua oikosulkuvirtaa ei käytetä tuotannon tai sähkövarastojen (eikä myöskään suojauksen) mitoittamiseen, vaan varmentamistarkoituksiin. Mitoitusta varten tarvittavan oikosulkuvirran saa verkonhaltijalta.

Mikäli pientuotantoa ei kytketä verkkoon vaihtosuuntaajalla (invertterillä), suositellaan tapauskohtaista tarkastelua. Samoin nopeisiin tuotannon ja kulutuksen muutoksiin kykenevät laitteistot (esim. sähkövarastot/kotiakut, jotka osallistuvat reservimarkkinoille) suositellaan käsiteltävän tapauskohtaisesti. Tarkemmin suosituksen kappaleessa 3.3.1.3.

3.3.1.1. Aurinkosähkötuotannon liittäminen pienjännitteiseen jakeluverkkoon

Työryhmässä on laadittu yksinkertaistettu kaava suuntaajakytketyn aurinkosähkötuotannon laskennallisen liitettävyydsrajan määrittämiseksi:

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

Kaavaa ei suositella käytettäväksi sellaisenaan esimerkiksi tahtikone- ja/tai sähkövarastokohteiden 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.

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 liitettävyyss suhteessa 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.

3.3.1.2. Muiden tuotantolaitteistojen ja sähkövarastojen liittäminen pienjännitteiseen jakeluverkkoon

Muille tuotantolaitteistoille ja sähkövarastoille voidaan soveltaa aiemman YA 9:13 -verkostosuosituksen kaavaa (joka perustuu Senerin ohjeeseen vuodelta 2001), jonka mukaan näennäistehon S_N suuruisen tuotantolaitteiston 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 YA 9:13 -suosituksessa, mutta kerroin 20 on pienempi, johtuen nopean jännitteenmuutoksen rajan nostosta ($4 \rightarrow 5 \%$). i_{suhde} on käynnistysvirtakerroin, jota käytetään esimerkiksi tahtikoneiden kohdalla.

Mikäli sähkövarasto kykenee yli sadan prosentin tuotantotehon vaihteluun (tuotantotehosta kulutustehoon tai toisin päin), suurentaa se kaavan kerrointa vastaavasti.

Esimerkiksi täydestä tuotantotehosta täyteen kulutustehoon tarkoittaa 200 % muutosta, mikäli tuotanto- ja kulutusteho ovat samansuuruisia. Tällöin kaavan kerroin 20 korvataan kertoimella 40.

Tässä ja seuraavassa kappaleessa mainitut asiat soveltuvat sellaisenaan myös sähköajoneuvojen kaksisuuntaisille latauslaitteille, sillä ne rinnastetaan sähkövarastoihin.

3.3.1.3. Nopeaan edestakaiseen tehonsäätöön kykenevät laitteistot, kuten reservimarkkinoille osallistuvat sähkövarastot/kotiakut pienjännitteisessä jakeluverkossa

Pienjännitteiseen jakeluverkkoon kytketyt ja nopeaan säätöön osallistuvat laitteistot, kuten sähköjärjestelmän reservimarkkinoille osallistuvat sähkövarastot, saattavat aiheuttaa ongelmia sähkön laadulle ja sähköjärjestelmän vakaudelle. Olennaista on laitteiston teho, tehon muutosnopeus ja käyttötapa suhteessa muihin laitteistoihin. Viimeksi mainitulla tarkoitetaan samalta markkinalta ohjaussignaalin saavien laitteiden yhteisvaikutusta jakeluverkossa.

Vaikutukset ovat suhteutettavissa esimerkiksi suuritehoiseen sähkökiukaaseen, joita Suomessa on runsaasti. Normaalisissa käytössä sähkökiukaan päälle kytkeytyminen on silloin tällöin tapahtuva asia, joka ei koskaan tapahdu samalla sekunnilla kaikissa kotitalouksissa. Sitä vastoin kotiakku voi toteuttaa nopeita tehonmuutoksia paljon sähkökiuasta useammin.

Tilannetta vaikeuttavat edellä mainitun lisäksi kaksi asiaa: Mikäli kotiakut osallistuvat samalle reservimarkkinalle, ne saattavat säätää tehoa täysin identtisellä ajanhetkellä. Ja toisin kuin sähkökiuas, kotiakku kykenee myös sähköntuotantoon, jolloin tehonmuutos voi olla nollan ja sadan prosentin välin sijaan -100 ... +100 %. Tällöin tehonmuutos ja siten myös verkkovaikutus jännitemielessä on siis kaksinkertainen.

Näin ollen on ilmiselvää todeta, että niin sanotut kotiakut ovat muihin sähkölaitteistoihin verrattuna täysin poikkeuksellinen kuorma jakeluverkolle, mikäli ne osallistuvat nopean säädön reservimarkkinoille. Erityisesti kotiakkuoimijoiden on syytä tiedostaa jakeluverkon rajoitteet ja harkita tarkkaan kotiakkujen sijoittumista jakeluverkossa, mikäli asennettava kotiakku nyt tai tulevaisuudessa voi osallistua nopean säädön reservimarkkinoille.

Eurooppalaiset vaatimukset täyttävä kotiakku ei voi tuottaa sähköä ylijännitteessä, eikä kuluttaa sähköä alijännitteessä. Tällaisissa tilanteissa kotiakut saattavat jättää niille määrätyn säädön toteuttamatta, jolloin reservimarkkinoille myyty kapasiteetti ei todellisuudessa ole käytettävissä. Reservimarkkinoiden sääntöjen mukaisesti, tämä voi johtaa huomattavan suuriin korvauksiin sekä pahimmillaan myös sähköjärjestelmän vakauden heikentymiseen.

Näin ollen keskeinen asia, joka voi mahdollistaa kotiakkujen osallistumisen reservimarkkinoille, on niitä asentavien sekä operoivien toimijoiden riittävä osaaminen jakeluverkon sähköisistä ominaisuuksista. Myös jakeluverkon käyttötilanne vaikuttaa, sillä vika- ja työkatkojen aikaiset korvauskytkennät pienentävät väliaikaisesti kyseisen jakeluverkon osan jännitejäykkyyttä. Juuri jakeluverkon paikallinen jännitejäykkyys on keskeinen asia, joka määrittää, kuinka suurella teholla on mahdollista osallistua sähköjärjestelmän reservimarkkinoille.

Suositeltavaa on, että nopeille reservimarkkinoille jakeluverkon kautta osallistuvat sähkövarastot (ml. kotiakut) kytkettäisiin ensisijaisesti mahdollisimman vahvoihin jakeluverkon osiin, kuten teollisuusalueille. Tämä on suositus, ei vaatimus, mutta sen tavoitteena on mahdollistaa sähkövarastojen toiminta markkinoilla siten, että jakeluverkon asiakkaille ei aiheudu haittaa.

Joka tilanteeseen soveltuvaa tehorajaa sille, kuinka suuren reservimarkkinoille myytävän tehon jakeluverkko kestää, on mahdotonta määrittää. Tehorajaan vaikuttavat ratkaisevasti mm. paikallisen jakeluverkon ominaisuudet sekä vaadittava tehonsäädön nopeus. On täysin eri asia, halutaanko tehonsäädön toteutuvan alle sekunnissa vai onko nopeus lähempänä kymmentä sekuntia.

Lisäksi tehorajaan voivat vaikuttaa muut samassa jakeluverkon osassa olevat laitteistot. Reservimarkkinoille on mahdollista osallistua myös muilla laitteistoilla kuin sähkövarastoilla/kotiakuilla. Tietosuojasyistä jakeluverkonhaltijan ei ole sallittua luovuttaa tietoa asiakkaiden laitteistoista eteenpäin. Toimijoiden on selvitettävä tämä tieto muuta kautta, kuten kysymällä suoraan asiakkailta.

Kuten kaikki sähköntuotantoon kykenevät laitteet, myös sähkövarastot/kotiakut edellyttävät kytkentälupaa jakeluverkonhaltijalta, verkkopalveluehtojen (VPE2024) kohdan 4.4. mukaisesti. Edelleen verkkopalveluehtojen (VPE2024) kohdan 4.9.2. mukaisesti, energiavarastojen liittäminen voi edellyttää ennakkoselvitystä.

Kytchentä lupa tulee hakea ja ennakkoselvitys kannattaa ehdottomasti tehdä ennen laitehankintoja tai sitovia sopimuksia. Mikäli laitteisto on kytketty käyttöön ilman lupaa, on verkonhaltijan mahdollista poistattaa se verkosta laitteiston haltijan kustannuksella. Luvattoman tuotantolaitteiston sähköturvallisuudesta ei ole varmuutta ja se voi pahimmillaan aiheuttaa sähköturvallisuusriskin asiakkaalle itselleen sekä muille alueen asiakkaille. Näin ollen myös koko verkkopalvelu voidaan viime kädessä keskeyttää (VPE2024 kohta 9.).

3.3.2. Yleiset periaatteet pientuotannon tai sähkövarastojen liittämiseksi keskijännitteiseen jakeluverkkoon

Pientuotannon tai sähkövarastojen kytkeminen keskijännitteiseen jakeluverkkoon tarkoittaa, että käytettävä standardi vaihtuu, ollen SFS-EN 50549-2. Standardin sisältö on suurimmalta osin sama kuin pienjännitteisen jakeluverkon standardi SFS-EN 50549-1.

Keskijännitteisessä jakeluverkossa on huomattava määrä mm. liittymän sijainnista ja jakeluverkonhaltijasta riippuvaa vaihtelua liittämisen käytännöissä. Onkin ensiarvoisen tärkeää olla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa yhteydessä jakeluverkonhaltijaan kaikissa suunnitelmissa kytkeä tuotantoa tai sähkövarastoja joko olemassa oleviin tai uusiin keskijännitteisiin sähköliittymiin.

Erityishuomiona suosituksen kappaleen 3.5. mukainen keskitetty liitântäsuojaus, jonka mittausta voidaan toteuttaa keskijännitepuolella tai pienjännitepuolella lähempänä verkkoonliitântälaitetta (esim. invertteriä). Mittauksen jännitetasosta riippumatta olennaista on muistaa, mikä on keskitetyn liitântäsuojauksen tarkoitus: Kytkeä irti kaikki liittymässä sijaitseva tuotanto samalla hetkellä, kun jakeluverkko on ajautunut määritettyjen jännite- tai taajuusrajojen ulkopuolelle.

3.4. Loos- ja pätötehon säätö jännitteen perusteella

Verkkoonliitântälaitteiden oletusarvoisissa suojasasetteluissa suositellaan otettavan käyttöön sekä $Q(U)$ - että $P(U)$ -säädot. Tarkemmat suojasasettelut kuvaajineen löytyvät tämän suosituksen liitteestä 1, jonka keskeisimmät osat on käännetty myös englanniksi.

$Q(U)$ -säädon avulla voidaan nostaa merkittävästi tuotantotehon liitettävyyttä jakeluverkkoihin. $P(U)$ -säädon avulla voidaan puolestaan osaltaan ehkäistä tuotantolaitteita aiheuttamasta standardin SFS-EN 50160 asettamaa ylärajaa (253 V) suurempia jännitteitä liitântäpisteillä erityisesti verkon poikkeuksellisissa kytkentätilanteissa⁴.

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

⁴ Aurinkosähköjärjestelmien verkostovaikutukset pienjänniteverkossa, Diplomityö, Vaasan yliopisto, <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022062950565>

$Q(U)$ -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 $0,329 \cdot$ mitoitus-teho. 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 $-0,484 \cdot$ mitoitus-teho. 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 kappale 4.7.3 antaa reunaehdot $P(U)$ -säädölle.

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

3.5. Liitäntäsuojaus ja keskitetty liitäntäsuojaus

Liitäntäsuojauksen ja keskitetyn liitäntäsuojauksen toimintaperiaate on kuvattu SFS-EN 50549-1 -standardin kappaleessa 4.9.

Tuotantolaitteistoilla tulee aina olla automaattinen liitäntäsuojaus (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 liitäntäsuojauksella on kolme päätarkoitusta: estää ylijännitetilanteiden aiheuttamista jakeluverkkoon, estää ei-toivottujen tahattomien saarekekäyttöjen syntyminen ja avustaa jakeluverkkoa pääsemään takaisin sallituille jännite- ja taajuusalueille.

Liitäntäsuojaus 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.

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

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

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 kyetä vähintään kuormavirran katkaisuun eli käyttökytkentään ja -ohjaukseen.

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

Keskitetyn suojauksen perusteluina ja hyötyinä ovat mm. seuraavat seikat: Suojauksen virhetoimintojen estäminen liitäntäpisteen 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 keskitetylle 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 esimerkkitoimituksia 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 (esim. inverttereillä), mikäli passiivisia vain jännitemittauksen perustuvia menetelmiä ei käytetä.

Aktiivisia LoM menetelmiä ovat mm. Slip mode frequency shift, Active frequency shift ja Sandia frequency shift. Näissä menetelmissä siis invertteri syöttää verkkoon pientä signaalia ja mittaa, onko sillä vaikutusta (yleensä vaikutetaan jännitteen taajuuteen). Mikäli tämä signaali pystyy vaikuttamaan verkkojännitteeseen, ollaan heikon verkon tilanteessa eli saarekkeessa.

Aktiiviset menetelmät kykenevät parhaimmillaan toimimaan saarekkeen tehotasapainotilanteessakin. Riskinä on kuitenkin se, että suuri määrä samalla alueella aktiivimetodeja käyttäviä inverttereitä voi sekoittaa toistensa suojausta ja toisaalta ne voivat heikentää jännitteen laatua hieman heikommassa verkossa. Aktiivisen LoM-suojausmenetelmän käytöstä tulee sopia verkonhaltijan kanssa.

Vähintään 50 kW tuotantolaitteistojen kohdalla ei LoM-suojaukseen saa käyttää Vector Shift (toiselta nimeltään Phase Jump) -funktiota (passiivinen menetelmä). Tämä vaatimus tulee suoraan Fingridin VJV2024 (Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset) -dokumentin kappaleesta 10.2.8.

3.6. Etäkytkimen käyttö

Jakeluverkonhaltija voi päättää sallia etäkytkimen käytön, mikäli sen turvallisuudesta ja luotettavuudesta voidaan varmistua. Asiasta on hyvä keskustella esimerkiksi valtuutetun tarkastajan kanssa.

3.7. Tuotantolaitteiston erottaminen ja sähkötyöturvallisuus verkossa

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

Sähköturvallisuusstandardien mukaan tuotantolaitteisto tulee olla erotettavissa verkosta ja erotuslaitteessa tulee olla näkyvä ilmajäsen tai luotettava mekaaninen asennonosoitus ja erottimen käyttömekanismin tulee olla lukittavissa (SFS 6002). Lisäksi jakeluverkon haltijalla täytyy olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkeämahdollisuus (SFS 6000). Sähkölaitteiston etäkytkentä 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 ilmapäli 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 pylsävarokekytkin 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.

3.8. 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.

3.9. 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.

4. Tuotantolaitteiston syöttämän sähkön laatu

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

4.1. 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*.

4.2. 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.

5. Tuotantolaitteiston kytkeytyminen jakeluverkkoon ja irtoaminen jakeluverkon vikatilanteissa

Tuotantolaitteisto on varustettava suojauslaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti jakeluverkosta, jos verkkosyöttö katkeaa, tai jos jännite tai taajuus liittymiskohdassa 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 määrittää vaatimukset verkkoon liitettävälle pientuotantolaitteistolle. Seuraavissa kappaleissa esitetään standardiin pohjautuvat ehdot verkkoon liittymiselle ja verkosta irtoamiselle.

5.1. Liitännäsuojauksen 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 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.

Fingridin Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV2024) -dokumentissa kerrotaan tarkemmin taajuudesta riippuvista toiminnoista, erityisesti kappaleessa 10.

5.2. Etäohjausvalmius

Standardin SFS-EN 50549-1 mukaiset tuotantolaitteet on varustettu logiikkaliitännällä (syöttöportilla), jotta pätötehon 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. Liitäntä joka tapauksessa pitäisi löytyä kaikista standardinmukaisista tuotantolaitteista.

5.3. Laitteiston tahdistuminen verkkoon

Standardin SFS-EN 50549-1 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. Asetteluehdot riippuvat joko siitä, että kytkentä on normaalikäytön käynnistys tai automaattinen jälleenkytkentä liitäntälaitteiden suojauksen laukaisun jälkeen.

Standardin SFS-EN 50549-1 mukaisesti pienin havaintoaika laukaisun jälkeiselle verkkoon takaisinkytketymiselle on 60 s. Takaisinkytketymisen jälkeen tuotantoyksikön tuottama pätöteho 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.

5.4. Loss of Mains -suojaus

Pientuotantolaitteiston asetteluiden tavoitteena tulee olla, että tuotantolaitteisto irtaoo verkosta Loss of Mains (LoM) -tilanteessa, eli tilanteessa, jossa verkon jännite katoaa. 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 voivat tehdä herkästi virhelaukaisuja. Tästä syystä esimerkiksi Fingridin VJV2024-vaatimuskirjaston kappaleessa 10.2.8 taajuuden muutosnopeuden (RoCoF) tai jännitteen kulmamuuutoksen (nk. Vector Shift, toiselta nimeltään Phase Jump) tunnistavien suojalaitteiden käyttöä ei suositella.

SFS-EN 50549-1 -standardi ei aseta tarkkoja vaatimuksia saarekekäytön estolle, vaan suojaus tulee jännite- ja taajuusrajojen kautta. Saarekekäytön eston vaatiminen on standardeissa annettu verkonhaltijoiden itsensä päätettäväksi.

Saarekekäytönestosuojauksen on perustuttava tunnettuun tekniikkaan, joka soveltuu jakeluverkon suojaukseen. Mikäli saarekekäytönestosuojaukseen käytetään taajuuden muutosnopeuden tunnistavaa (RoCoF) suojausta, saa se irrottaa tuotantolaitteiston verkosta vain, mikäli taajuuden muutosnopeus ylittää 4 Hz/s vähintään 250 ms ajan. Jännitteen kulmamuutoksen (Vector Shift, toiselta nimeltään Phase Jump) tunnistavaa suojalaitetta saa käyttää ainoastaan silloin, kun tuotantolaitteiston mitoitusteho on alle 50 kW ja suojaus toimii jännitteen askelmaisen kulmamuutoksen ollessa vähintään 15 astetta.

Joidenkin suojauskeinojen on havaittu aiheuttavan tuotantolaitteiden turhia irtoamisia verkosta, kun verkkoon kytkeytyy suuria reaktiivisia kuormia. Osa aktiivisista LoM-suojausmetodeista on näistä syistä kielletty esimerkiksi Tanskassa. Tarkemmin aktiivisista LoM-suojausmetodeista kerrotaan suosituksen kappaleessa 3.5.

5.5. Pikajälleenkytkennät

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

5.6. 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 varmistuttava, ettei tuotantolaitteisto voi missään olosuhteissa syöttää samanaikaisesti sekä verkkoa että verkosta erotettua saareketta, ellei sitä ole tuotantolaitteiston asennusohjeissa nimenomaisesti mahdollistettu.**

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

6. 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.

Mikäli sähkövarasto tuottaa sähköä jakeluverkkoon, on tälle sähkölle oltava ostaja, kuten pientuotannonkin tapauksessa.

Verotuksesta on nykyään olemassa Verohallinnon ohje⁵. Pääsääntöisesti kotitalouden harjoittamasta pienimuotoisesta sähköntuotannosta ei muodostu verotettavaa tuloa.

⁵ <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48484/kotitalouden-s%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon-tuloverotus/>

7. 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 -ohjeeseen⁶.

Mittauksen aiheuttamia kustannuksia käsitellään luvussa 9.1.

8. Tuotantoa ja sähkövarastoja koskevat sopimukset

Tuotantolaitteiston tai sähkövaraston liittämisestä voidaan tehdä tuotannon liittymissopimus. Liittymissopimuksen tarve arvioidaan kuitenkin tapauskohtaisesti. Tuotannon liittymissopimuksessa sovelletaan Energiateollisuus ry:n suosittelemia liittymisehtoja (LE).

Kun tuotantolaitteisto tai sähkövarasto 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).

8.1. Pientuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot

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

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

- Tuotantolaitteiden, verkkoonliitälaitteiden (esim. invertteri) ja mahdollisten lisälaitteiden tyyppikirjain kirjatut tiedot sekä laitteiston syöttämä suurin vikavirta
- Testauspöytäkirja, josta selviää, että tuotantolaitteisto tai sähkövarasto täyttää suojausvaatimukset, mukaan lukien keskitetyn suojauksen toiminta
- Tuotantolaitteiston verkkoon kytkeytymistapa (automaattinen/manuaalinen) ja kytkeytymisaika
- Tieto laitteiston erottamiskäytöstä 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. Jos laitteisto on yksivaiheinen, tulee käydä ilmi, mille vaiheelle se on liitetty.

Kun laitteisto on kytketty verkkoon, urakoitsijan tulee aina toimittaa asiakkaalle sekä verkkoyhtiölle asianmukainen käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Vaatimus tulee suoraan yleisten verkkopalveluehtojen (VPE) kohdasta 5.3.

Tuotantolaitteistoa (ml. sähkövarastot) voidaan käyttää vasta, kun verkonhaltija on antanut luvan laitteiston käyttöön. Lupaa kannattaa tiedustella verkonhaltijalta ennen laitteistohankintoja. Mikäli kohteeseen on kytketty tuotantoa ja/tai sähkövarasto ilman kytkentälupaa, voidaan viime kädessä kyseisen käyttöpaikan verkkopalvelu keskeyttää yleisten verkkopalveluehtojen (VPE) mukaisesti.

⁶ https://energia.fi/energiasta/energiamarkkinat/sanomaliikenne/ohjeet_ja_suositukses

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.

9. Hinnoitteluperiaatteet

Liittymien hinnoitteluperiaatteet on kuvattu tarkemmin Energiaviraston vahvistamissa liittymien hinnoittelumenetelmissä⁷.

9.1. Mittauskustannukset

Mittarointimaksu

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

⁷ https://energiavirasto.fi/verkkoon-liittaminen#liittymismaksujen_maarittaminen

Liite 1 - Suositeltavat tuotantolaitteistojen tekniset vaatimukset

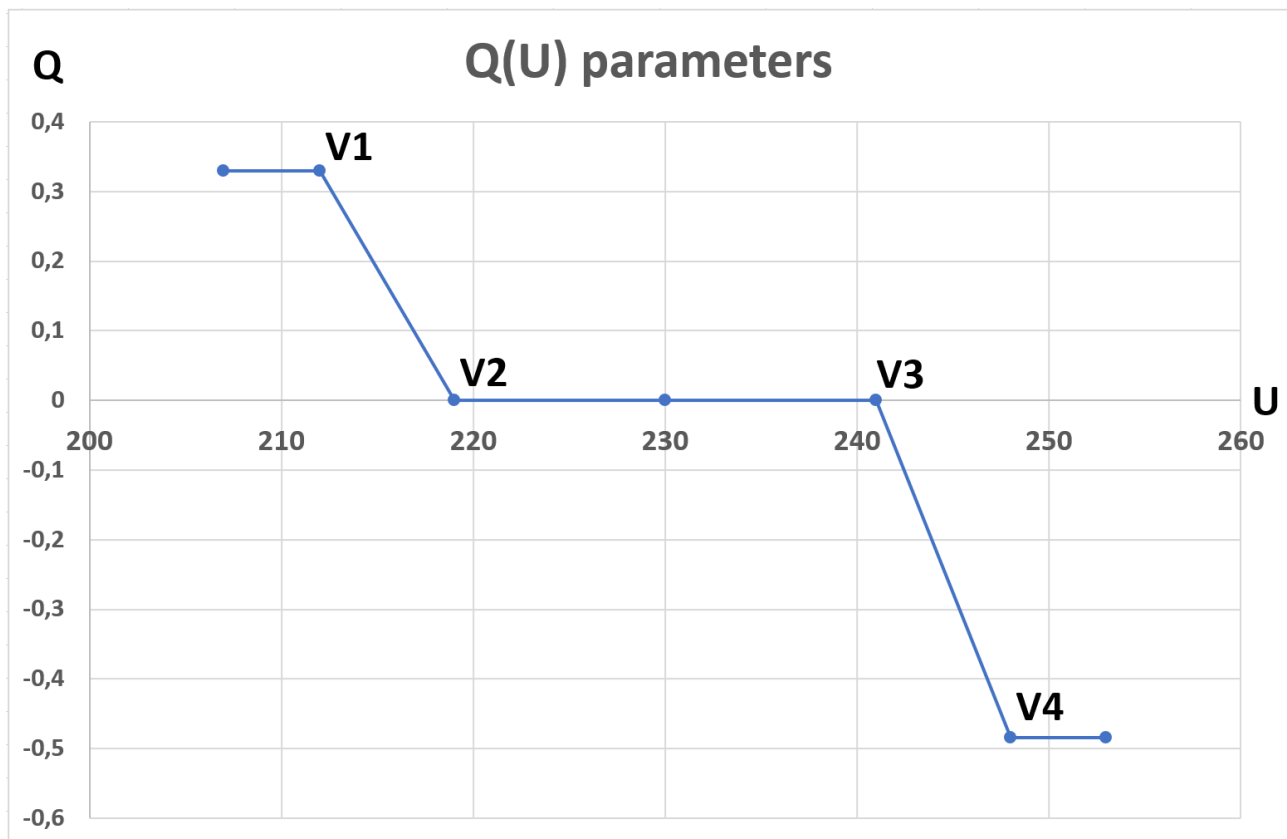
Annex 1 - Recommended technical requirements for electricity generating plants up to 1 MW

Tekniset vaatimukset on listattu käyttäen SFS-EN 50549-1 -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) (VJV: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

4.5.4 Over-voltage ride through (OVRT)	Voltage-Time-Diagram	Aika // Time [s]	U (jännite // voltage) [p.u.]		O
		0	1,25		O
		0,1	1,25		O
		0,1	1,2		O
		5	1,2		O
		5	1,15		O
		60	1,15		O
		60	1,1		O
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			O
	Droop	4 %			O
	Power reference	Pmax			O
	Intentional delay	0 s			O
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	
	Overvoltage threshold stage 1	1,2 U_n		X	
	Overvoltage operate time stage 1	1 s		X	
	Overvoltage threshold stage 2	ei käytössä // not used		X	
	Overvoltage operate time stage 2	ei käytössä // not used		X	

4.9.3 Requirements on voltage and frequency protection	Overtension 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		O
4.12 Remote information exchange	Remote information exchange required NOTE: If yes further definition is provided by the DSO	ei // no		O
Loss of Mains -suojaus // Loss of Mains protection		Hyväksytyt funktiot // Accepted functions: - ROCOF ≥ 4 Hz/s (sallittu, mutta ei suositeltu // allowed, but not recommended) - Vector shift ≥ 15 astetta // degrees (sallittu vain alle 50 kW tuotantolaitteistoille, mutta ei suositeltu // allowed for generating plants below 50 kW, but not recommended) - Aktiivimetodit inverttereissä // Inverter active methods		
	Käytetty funktio // Used function	0,5 s	X	
	Toiminta-aika // Operation time	Voidaan poiketa verkonhaltijan harkinnalla // DSO may choose otherwise	X	



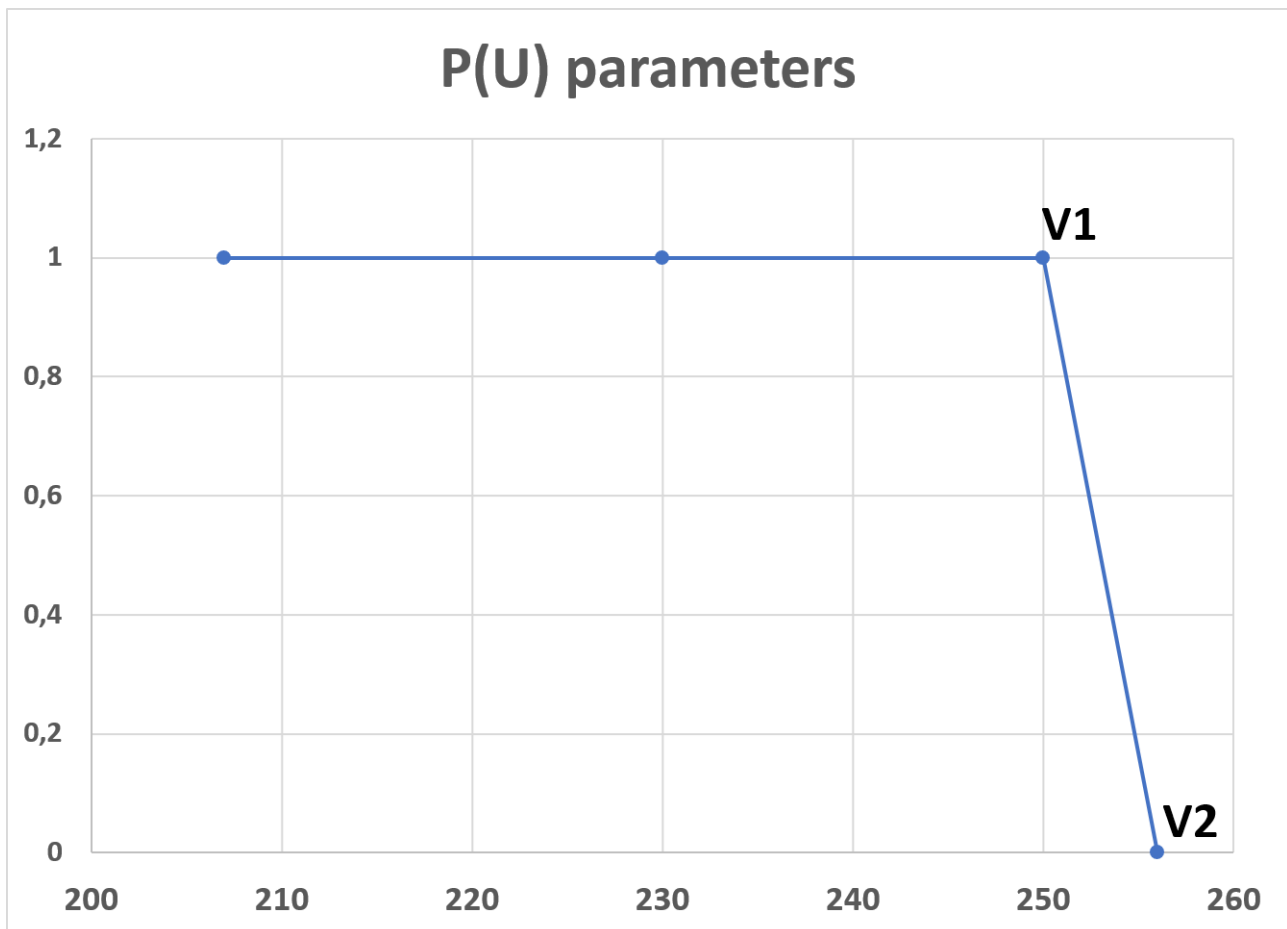
V1 = 212 V	Q = 0,329	cos φ = 0,95 cap.
V2 = 219 V	Q = 0	cos φ = 1
V3 = 241 V	Q = 0	cos φ = 1
V4 = 248 V	Q = -0,484	cos φ = 0,90 ind.

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."

Rated capacity (P_{max})⁸ = A power-generating facility's rated capacity is its highest active power production level measured at the connection point, at which power the facility can operate continuously without a time limit; the rated capacity has been specified in the connection agreement or otherwise determined by the relevant network operator and the power-generating facility owner.

⁸ <https://www.fingrid.fi/en/grid/grid-connection-agreement-phases/grid-code-specifications/grid-code-specifications-for-power-generating-facilities2/>



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.”

Rated capacity (P_{max}) = A power-generating facility’s rated capacity is its highest active power production level measured at the connection point, at which power the facility can operate continuously without a time limit; the rated capacity has been specified in the connection agreement or otherwise determined by the relevant network operator and the power-generating facility owner.

Liite 2 – Vastauksia suosituksesta esitettyihin kysymyksiin

Miten kappaleen 3.3.1.1. kaava $I_{k1} \cdot 44 \text{ W/A}$ tuotannon liittämiseksi on määritelty?

- Kaavassa on huomioitu LUT-yliopiston tutkimushankkeessa⁹ 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 tutkimushankkeen⁹ perusteella arvioitu suurin mahdollinen tuotantotehon vaihtelu on korkeintaan noin 70 %/s luokkaa
- o kaavassa on myös otettu huomioon verkon kolmivaiheinen oikosulkuvirta, joka on tyypillisesti yksivaiheista oikosulkuvirtaa suurempi

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.
- Tuotantotehon ohjelmallisesta rajoittamisesta ja sen edellytyksistä kerrotaan tarkemmin Fingridin VJV-dokumentissa.¹⁰

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.

⁹ Laaja-alaisen aurinkosähkön yleistymisen huomioivat sähköverkon mitoitusperiaatteet, LUT- ja Tampereen yliopistot, <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-889-8>

¹⁰ <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/tekniset-vaatimukset/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/>

Tuleeko keskitetty suojaus asentaa myös tuotantolaitteiston laajennuksen yhteydessä?

- Kyllä. Tuotannon laajennusten kohdalla käytetään uuden tilanteen mukaisia sääntöjä. Vaatimus on yhtenevä eurooppalaisen RfG-verkkosäännön vaatimusten kanssa. Periaatteista kerrotaan tarkemmin Fingridin VJV-dokumentissa.

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 -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.