

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****SISÄLLYSLUETTELO**

JOHDANTO.....	2
1. MERKINNÄT JA MÄÄRITTELYT.....	2
2. MIKROTUOTANNON MÄÄRITTELY JA YKSIVAIHEISEN TUOTANNON RAJAUS	2
2.1. Mikrotuotannon määrittely.....	3
2.2. Yksivaiheisen tuotannon rajausta.....	3
2.3. Mikrotuotannon määrä liittymässä.....	3
3. LAITOKSEN EROTTAMINEN JA TYÖTURVALLISUUS VERKOSSA.....	4
3.1. Laitoksen erottaminen ja turvallinen työskentely verkossa	4
3.2. Takasyöttörisikin huomioiminen.....	5
3.3. Mikrotuotantokohteiden merkitseminen	5
4. LAITOKSEN SYÖTTÄMÄN SÄHKÖN LAATU	5
4.1. EMC-vaatimukset.....	5
4.2. Sähkön laatu	6
5. LAITOKSEN KYTKEYTYMINEN VERKKOON JA SEN IRTOAMINEN VERKON VIKATILANTEISSA	6
5.1. Tuotantolaitoksen suojauksen ominaisuudet.....	7
5.2. Parametrien asetteluarvot ja toiminta-ajat.....	7
5.3. Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila (LFSSM-O)	8
5.4. Päätötehotuotannon sallittu alentaminen	8
5.5. Etäohjausvalmius	9
5.6. Laitoksen tahdistuminen verkkoon	9
5.7. Loss of Mains -suojaus.....	9
5.8. Pikajälleenkytkennät	10
5.9. Varavoimakäyttö	10
6. LAITOKSEN VERKKOON SYÖTTÄMÄT OIKOSULKUVIRRAT	10
6.1. Virhelaukaisu	11
6.2. Suojauksen sokaistuminen	12
7. KOHTEET, JOIDEN SÄHKÖLLE EI OLE OSTAJAA	13
8. MIKROTUOTANNON MITTAUS.....	13
8.1. Enintään 100 kVA tuotantolaitokset	13
8.2. Yli 100 kVA tuotantolaitokset	13
8.3. Mittareiden ominaisuuksista	14
8.4. Mittaustietojen rekisteröinti ja välitys.....	14
9. TUOTANTOA KOSKEVAT SOPIMUKSET.....	14
9.1. Mikrotuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot	14
10. HINNOITTELUPERIAATTEET	15
10.1. Liittymismaksu.....	15
10.2. Liittymismaksun suuruus, kun kohteen kulutus on suurempaa kuin tuotanto	15
10.3. Liittymismaksun suuruus, kun kohteen kulutus on pienempää kuin tuotanto	16
10.4. Verkkopalvelumaksu.....	16
10.5. Mittauskustannukset.....	16

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****JOHDANTO**

EU:n asettamat uusiutuvan energian lisäys- ja ilmastotavoitteet, pienten energiantuotantolaitosten hintojen halpeneminen, kuluttajien halu pienentää sähkölaskuaan sekä kulu- tuspäätöksiä enenevästi ohjaava ympäristötietoisuus ovat lisänneet kiinnostusta hajaute- tusti sijoiteltuun sähkön lähituotantoon. Verkonhaltijan tehtävänä on tarjota tuotannolle luotettava verkko ja taata sähkön jakelun toiminta ja turvallisuus myös liittämisen jäl- keen.

Tämän verkostosuosituksen tarkoituksena on helpottaa mikrotuotannon liittämisproses- sia kaikkien asianosaisten kannalta. Suositus käsittää liittymisen tekniset vaatimukset ja kokoa tietoa tarvittavista sopimuksista, mittauksesta, kustannusten jakautumisesta se- kä mikrotuotannon markkinoille pääsystä. Tässä suosituksessa on rajauduttu tarkaste- lemaan vain erittäin pienimuotoista, niin kutsuttua mikrotuotantoa.

Suositus pohjautuu standardiin SFS-EN 50549-1:2019 ja saksalaiseen vaatimusmäärit- telyyn VDE-AR-N 4105 2018-11.

1. MERKINNÄT JA MÄÄRITTELYT

Mikrotuotantolaitos = Pienjänniteverkkoon kulutuskohteen yhteyteen kytketty säh- köntuotantolaitos, jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa sähköä kulutuskohteeseen. Verkkoon syöttö on yleensä vähäistä. Yksivaiheisen tuotannon kokoraja on 16 A (suu- rin laitoksen syöttämä virta).

ROCOF-rele = Rate Of Change Of Frequency –rele eli taajuuden muutosnopeutta mit- taava rele

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

Loss of Mains -tilanne = Loss of Mains –tilanteella tarkoitetaan tilannetta, jossa verk- ko tai verkon osa tulee äkillisesti jännitteettömäksi. Tällaisessa tilanteessa kohdetta syöttävä mikrotuotantolaitos ei välttämättä havaitse verkon alasajautumista vaan voi jäädä syöttämään yhden tai useamman kohteen suuruista saareketta.

EMC = Sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic compatibility)

2. MIKROTUOTANNON MÄÄRITTELY JA YKSIVAIHEISEN TUOTANNON RA- JAUS

Mikrotuotantoa on sellainen sähköntuotanto, joka on tarkoitettu ensisijaisesti kohteen omaan käyttöön ja verkkoon syöttö on satunnaista tai vähäistä. Tällaisissa tuotantolai- toksissa verkkoonsyöttäminen ei ole ensisijainen sähköntuotantomotiivi. Mikrotuotan- toa ovat siis lähinnä yksityisten kuluttajien tai yritysten hankkimat pienet sähköntuotan- tolaitokset, jotka liitetään heidän kulutuskohteensa sähköjärjestelmään. Yleisimpiä tuo- tantolaitostyyppinä ovat tällä hetkellä tuulivoimalat, aurinkovoimalat sekä hyvin pienet biopolttolaitokset.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****2.1. Mikrotuotannon määrittely**

Tämä verkostosuositus keskittyy käsittelemään tuotantolaitoksia, jotka on tarkoitettu ensisijaisesti tuottamaan sähköä kulutuskohteen omaan käyttöön, ja joille verkkoon syöttäminen on vain toissijainen motiivi. Suositus pohjautuu standardiin SFS-EN 50549-1:2019 ja saksalaiseen vaatimuskirjaan VDE-AR-N 4105 2018-11. Molempien mainittujen dokumenttien soveltamisalat rajoittuvat pienjänniteverkkoon. Tätä verkostosuositusta voidaan kuitenkin hyödyntää vain sellaisten mikrotuotantolaitosten liittämiseksi, joiden nimellisteho on enintään 100 kVA.

2.2. Yksivaiheisen tuotannon rajaus

Liian suuri yksivaiheinen tuotanto aiheuttaa epätasapainoa verkkoon ja vaarantaa verkon turvallisuuden ja luotettavuuden. Liittymisen maksimisulakekokoiksi yksivaiheiselle tuotannolle on 16 A. Täten yksivaiheisen mikrotuotantolaitoksen **maksimiteho** saa olla noin 3,7 kVA. Laitoksen nimellistehon suuruus on pienempi ja riippuu laitoksen ominaisuuksista.

Mikrotuottajan tulee ilmoittaa verkonhaltijalle mille vaiheelle yksivaiheinen tuotanto kytketään ja verkonhaltijalla tulee halutessaan olla mahdollisuus vaikuttaa vaiheeseen.

2.3. Mikrotuotannon määrä liittymässä

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantoa liittymissopimuksessa määritellyn tehon mukaisesti, jos tuotantolaitoksen käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta yli 4% jännitteen muutosta ja sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy aina SFS-EN 50160 rajoissa. Lisäksi mikrotuotantolaitoksen käynnistysvirta ei saa ylittää liittymissopimuksen maksimitehon mukaista virran huippuarvoa.

Taustatiedoksi todettakoon, että Senerin ohjeen (2001) mukaan pienvoimalaitoksen verkkoon kytkeminen voidaan normaalisti sallia, jos liittämiskohdan oikosulkuteho S_k toteuttaa yhtälön $S_k \geq 25 \cdot i_{suhde} \cdot S_N$. Raja perustuu siihen, että tällä suunnitteluarvolla voidaan taata, ettei pienvoimalan verkkoon kytketyminen aiheuta yli 4 %:n jännitteenmuutosta. Samainen suunnitteluperiaate on esitetty Vaasan Yliopiston ja VTT:n Tuuliverkko loppuraportissa.

Senerin ohje on annettu kaikille pienvoimaloille, eikä se välttämättä sellaisenaan sovelu mikrotuotannon käsittelyyn. Mikrotuotannon laajemmista verkostovaikutuksista on vielä niin vähän kokemuksia, ettei sen määrälle ja liittymän koolle ei nykytiedon pohjalta voida asettaa ehdotonta suhdetta. Seuraavana on esitetty esimerkin avulla mitä Senerin ohjeen (2001) noudattaminen käytännössä tarkoittaisi mikrotuotantomäärälle.

Senerin ohjeen mukaan liittymään voidaan liittää laitos, jonka teho on maksimissaan

$S_N = \frac{S_k}{25}$, kun oletetaan, että i_{suhde} on lähes 1, eli voimala ei ota nimellisvirtaansa merkittävästi suurempaa kytkentävirtaa. Verkon suojausohjeisiin perustuen pienjännitever-

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

kon liittymien oikosulkutehon suunnitteluarvona pidetään nykyään vähintään 250 ampeeria ($I_k = 250 A$). Osalla vanhempia liittymiä oikosulkuvirta on tätäkin pienempi.

Oikosukuvirta $I_k = 250 A$ vastaa pienjänniteverkon kolmivaiheisena tehona oikosulkutehoa $S_k = 3 \cdot I_k \cdot U_v = 3 \cdot 250 A \cdot 230 V = 172,5 kVA$. Tämä tarkoittaisi, että oikosulkuvirtaltaan 250 A liittymään voitaisiin liittää maksimissaan vain $S_N = \frac{172,5 kVA}{25} = 6,9 kVA$ suuruinen tuotantolaitos.

3. LAITOKSEN EROTTAMINEN JA TYÖTURVALLISUUS VERKOSSA

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

3.1. Laitoksen erottaminen ja turvallinen työskentely verkossa

Säköturvallisuusstandardien mukaan tuotantolaitos tulee olla erotettavissa verkosta ja erotuslaitteessa tulee olla näkyvä ilmaväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus ja erottimen käyttömekanismin tulee olla lukittavissa (SFS6002). Lisäksi jakeluverkon haltijalla täytyy olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkentämahdollisuus (SFS6000).

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

Eroittimena voidaan käyttää erillistä mikrotuotantolaitoksen yhteyteen asennettua erotinta, jossa on näkyvä ilmaväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus, tai kohteen sähkökeskuksen pääsulakkeet voidaan irrottaa. 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 jono-varokeytkin kaapeliverkossa. Tällaisen kytkinlaitteen asentamisesta voidaan laskuttaa mikrotuottajaa vain siinä tapauksessa, ettei tällaista kytkintä olisi verkkoon muuten asennettu ja ettei mikrotuottaja ole asennuttanut asianmukaista erotinta tuotantolaitoksensa yhteyteen.

Mikäli halutaan vaihtoehto erottimien käytölle, työt on tehtävä asianmukaisina jännite-töinä tai muuten yhtä turvallisella tavalla.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****3.2. Takasyöttöriskin huomioiminen**

Mikrotuotannon yleistyessä tulee eteen riski siitä, että verkossa on tuotantolaitteistoja, jotka on liitetty ilman verkonhaltijan lupaa. Verkonhaltija ei ole tietoinen näiden laitteiden sijainnista tai suojauksista.

Takasyöttöriskin takia on tärkeää todentaa jännitteettömyys ja maadoittaa asennuspaikka myös mahdollisen mikrotuotantolaitoksen 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.

3.3. Mikrotuotantokohteiden merkitseminen

Mikrotuotantolähdöt tulee merkitä asianmukaisesti sekä itse laitoksen että verkon puolella. Käytännössä kaikki sellaiset paikat, jotka mikrotuotantolaitos voi tehdä jännitteisiksi, tulee merkitä. Tällaisia paikkoja ovat muun muassa muuntajan lähdöt tai mahdolliset jakokaapit. Myös asiakkaan omaan sähkökeskukseen tulee asianmukaisesti merkitä, että siihen on liitetty mikrotuotantoa. Varoituskilpien tekstien tulee olla informatiivisia ja asianmukaisissa paikoissa. Lisäksi verkonhaltijan on aiheellista merkitä jokainen mikrotuotantolaitos omiin järjestelmiinsä, jotta asentajalle voidaan jo työpaikalle lähtiessä antaa tietoa siitä, missä liittymispisteissä on mikrotuotantoa. Verkkotietojärjestelmiä tulee tarvittaessa kehittää siihen suuntaan, että merkitseminen onnistuu.

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

Pien- ja mikrotuotantolaitosten olemassaolosta jakeluverkossa varoitetaan lisäämällä merkintä muuntamon tai jakokaapin lähdön yhteyteen. Tarvittaessa tuotannosta voidaan varoittaa omalla keltapohjaisella kyltillä. Varoituskytlin teksti voi olla esimerkiksi: "Sähköntuotantolaitos, Varo takajännitettä"

4. LAITOKSEN SYÖTTÄMÄN SÄHKÖN LAATU

Verkon kanssa rinnan toimiva mikrotuotanto ei saa aiheuttaa häiriöitä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin. Mikäli verkkoon liitetty mikrotuotantolaitos aiheuttaa häiriöitä muualle sähköverkkoon, tulee verkkoyhtiön puuttua tilanteeseen ja tarvittaessa poistattaa laite verkosta.

4.1. EMC-vaatimukset

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

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

- 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 mikrotuotantoa 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 mikrotuotantolaitos, tulee jännitteen laadun säilyä liittämiskohdassa standardin SFS-EN 50160 Yleisen jakelujännitteen ominaisuudet vaatimukset mukaisena.

Harmoninen kokonaissärö saa liittämiskohdassa olla maksimissaan 8 %. Kokonaissärön määrä ei saa ylittyä, vaikka liittymään liitettäisiin mikrotuotantoa. Lisäksi standardissa on annettu rajat liittämiskohdasta mitattaville yksittäisille harmonisille yliaalloille, välkynnälle ja jännitetasojen vaihteluille.

5. LAITOKSEN KYTKEYTYMINEN VERKKOON JA SEN IRTOAMINEN VERKON VIKATILANTEISSA

Mikrotuotantolaitteisto on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti yleisestä verkosta, jos verkkosyöttö katkeaa, tai jos jännite tai taajuus generaattorilaitteiston navoissa poikkeaa mikrotuotantolaitoksen sallitulle toiminnalle asetelluista jännite- ja taajuusarvoista. Mikrotuotantolaitteisto ei saa koskaan kytkeytyä verkkoon, kun verkon jännite tai taajuus ei ole annetuissa rajoissa.

Tuotantolaitoksen suojauksen tulee varmistaa, että mikrotuotantolaitos lakkaa syöttämästä verkkoon, kun mikä tahansa aliluvussa 5.2. listatuista parametreista ylittää tai alittaa asetteluarvon. Laitoksen tulee irtautua kaikissa laitevioissa eikä laitos saa koskaan alkaa syöttämään sähköä verkkoon, joka ei täytä aliluvun 5.2. asetteluarvojen vaatimuksia.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

Laitteen toimittajan tulee aina taata, että laitteen suojaus täyttää lain ja standardien asettamat irtoamisvaatimukset. Suojauslaitteet voivat olla liitettynä mikrotuotantolaitoksen laitteisiin tai ne voivat olla erillisiä laitteita.

Standardi SFS-EN 50549-1:2019 määrittää vaatimukset verkkoon liitettävälle pien- ja mikrotuotantolaitteistolle. Seuraavassa suositus esittää standardiin pohjautuvat ehdot verkkoon liittymiselle ja verkosta irtoamiselle.

5.1. Tuotantolaitoksen suojauksen ominaisuudet

Mikrotuotantolaitteistoon liittyvän suojauslaitteiston tulee erottaa laitos verkosta sopivilla mekaanisilla kontakteilla tai elektronisilla kytkimillä. Mikäli elektroninen kytkin ei toimi, tulee laitoksen lakata tuottamasta sähköä tai irrota verkosta muulla tavoin. Elektroninen kytkinlaite tulee spesifioida mikrotuotantolaitoksen valmistajan määrittämän ylijänniteluokituksen mukaan ja vuotovirta auki kytkettynä ei saa olla enempää kuin 0,1 mA riippumatta terminaalijännitteestä.

5.2. Parametrien asetteluarvot ja toiminta-ajat

Mikrotuotantolaitoksen tulee irrota verkosta, mikäli verkon jännite tai taajuus ei pysy annetuissa rajoissa. Nämä rajat on annettu standardissa SFS-EN 50549-1:2019 ja esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Tuotantolaitoksen suojauksen asetteluarvot, U_n on nimellijännite.

Parametri	Toiminta-aika	Asetteluarvo
Ylijännite	0,2 s	$U_n + 10 \%$
Alijännite	0,2 s	$U_n - 15 \%$
Ylitaajuus	0,2 s	51,5 Hz
Alिताajuus	0,2 s	47,5 Hz

Huom! Erillistä saarekekäytön estoa ei lähtökohtaisesti vaadita, vaan se toteutetaan oletusarvoisesti jännitteen ja taajuuden mittaukseen perustuvalla suojauksella. Verkonhaltijalla on kuitenkin mahdollisuus vaatia muun tyyppistä saarekekäytön estosuojausta, mikäli se nähdään tarpeelliseksi.

Laitteiston on kyettävä pysymään verkossa vähintään 30 minuuttia 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 muutos-

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

nopeuden tunnistavaa suojalaitetta saa käyttää voimalaitoksen suojauksessa vain silloin, kun voimalaitoksen mitoitusteho on alle 50 kW. Suojalaite saa irrottaa voimalaitoksen verkosta, mikäli suojausrajan ylittävää taajuuden muutosnopeutta on mitattu vähintään 500 millisekunnin ajan.

Suomessa käytettävät suojausasetukset löytyvät standardista SFS-EN 50549-1 (oletusasetukset). Lisäksi Saksan mikrotuotantonormin VDE-AR-N-4105 2018-11 mukaiset laitteet soveltuvat jakeluverkkoon Suomessa. Lisäksi Fingridin voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV 2018) -dokumentti asettaa joitakin vaatimuksia, jotka löytyvät kyseisen dokumentin kappaleesta 10.2.

Osa alla listatuista vaatimuksista tulee suoraan VJV 2018:n mukaisista lisävaatimuksista, jotka koskettavat tyyppin A voimalaitoksia (tuotantoteho 0,8 kW – 1 MW).

5.3. Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila (LFSM-O)

Voimalaitoksen tulee kyetä pienentämään pätötehon tuotantoaan lineaarisesti taajuuden funktiona, kun sähköjärjestelmän taajuus ylittää 50,5 Hz, mikäli primäärienergian saatavuus ei aseta rajoitteita.

Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilan statiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 %. Suositeltu asetteluarvo Suomessa on 4 %.

Säädön tulee aktivoitua mahdollisimman lyhyellä viiveellä, enintään kahden sekunnin kuluessa, kun sähköjärjestelmän taajuus ylittää 50,5 Hz.

Kun voimalaitos saavuttaa pienimmän mahdollisen säätötason, tulee sen kyetä jatkaamaan toimintaansa tällä säätötasolla. Pienin säätötaso on minimiteho, mikäli primäärienergian saatavuus ei aseta rajoitteita.

Voimalaitoksen tulee toimia stabiilisti taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilassa ja tilan aktivoitua sen asetusarvo on ensisijainen mahdollisiin muihin pätötehon asetusarvoihin nähden.

Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilan tulee olla aina päällä.

5.4. Pätötehotuotannon sallittu alentaminen

Voimalaitos saa alentaa pätötehotuotantoaan lineaarisesti 10 % jokaista 1 Hz:n taajuusmuutosta kohden, kun sähköjärjestelmän taajuus alittaa 49 Hz. Pätötehon aleneman oletetaan tapahtuvan ympäristöolosuhteissa, joissa voimalaitos kykenee tuottamaan mitoitustehonsa.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****5.5. Etäohjausvalmius**

Voimalaitos tulee varustaa logiikkaliitännällä (syöttöportilla), jotta pätötehon tuotanto voidaan lopettaa viiden sekunnin kuluessa käskyn saapumisesta syöttöporttiin.

5.6. Laitoksen tahdistuminen verkkoon

Standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaisesti tuotantolaitoksen 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 jälleenytkentä liitäntälaitteiden suojauksen laukaisun jälkeen.

Standardin SFS-EN 50549-1:2019 mukaisesti pienin havaintoaika laukaisun jälkeiselle jälleenytkennälle on 60 sekuntia. Jälleenytkennän jälkeen tuotantoyksikön tuottama pätöteho ei saa ylittää määriteltyä muutosnopeutta ilmaistuna prosentteina nimellispätötehosta (P_n) minuutissa. Jos jakeluverkonhaltija ei muuta määritä, oletusasetus on 10 % P_n /min. Ei aseteltavissa oleva tai osittain aseteltavissa oleva tuotantoyksikkö voidaan kytkeä käyttöön uudelleen 1 – 10 minuutin jälkeen (satunnaisarvo) tai myöhemmin.

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

5.7. Loss of Mains -suojaus

Mikrotuotantolaitoksen asetteluiden tavoitteena tulee olla, että tuotantolaitos irtoaa verkosta Loss of Mains (LoM) -tilanteessa, eli tilanteessa, jossa verkon jännite katoaa. Mikrotuotantolaitos ei saa milloinkaan jäädä yksin syöttämään saarekettä.

Osa verkkoonliitäntälaitteista syöttää verkkoon virtaa pulssimuotoisena eikä vaihtovirtana. Tällöin verkkoonliitäntälaitteisto ei kykene jäämään saarekekäyttöön vaan tarvitsee alati verkon jännitettä tahdistuakseen. Tällaisilla laiteratkaisuilla ei tarvita erillistä LoM-suojausta. Laitteisto tulee kuitenkin tyyppitestata myös LoM-tilanteessa.

Osalla verkkooliityntälaitteista on kuitenkin mahdollista, että mikäli saarekkeen kuormat ovat sattumalta hyvin lähellä yhden tai useamman mikrotuotantolaitoksen yhteenlaskettua tuotantoa, ei laitos pysty havaitsemaan LoM-tilannetta pelkillä jännite- ja taajuusreleillä, vaan jää syöttämään saarekettä.

On toisaalta havaittu, että saarekekäytön tunnistavat laitteet tekevät herkästi virhelaukaisuja, eikä esimerkiksi ROCOF-releiden käyttöä sallita kuin korkeintaan 50 kW tehoisille pientuotantolaitteistoille. SFS-EN 50549-1:2019 -standardi ja saksalainen VDE-AR-N 4105 2018:11 -vaatimuskirje eivät kumpikaan aseta vaatimuksia saarekekäytön estolle, vaan suojaus tulee jännite- ja taajuusrajojen kautta.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

Saarekekäytön eston vaatiminen on standardeissa annettu verkonhaltijoiden itsensä päättäväksi.

Saarekekäytönestosuojauksen on perustuttava tunnettuun tekniikkaan, joka soveltuu jakeluverkon suojaukseen. Osa niin kutsutuista aktiivisista LoM-suojausmetodeista ei välttämättä pysty luotettavasti toimimaan riittävän nopeasti. Lisäksi joidenkin suojauskeinojen on havaittu aiheuttavan laitosten turhia irtoamisia verkosta, kun verkkoon kytkeytyy suuria reaktiivisia kuormia. Osa aktiivisista LoM-suojausmetodeista on näistä syistä kielletty esimerkiksi Tanskassa.

5.8. Pikajälleenkytkennät

Mikrotuotanto voi tietyissä tapauksissa vaikuttaa verkon pikajälleenkytkentäautomaatiikkaan. Laitoksen irtautumisen toiminta-aika on 0,2 s. Mikäli pikajälleenkytkentäaika on esimerkiksi 0,5 sekuntia, on mahdollista, että pikajälleenkytkentää edeltävä täysin jännitteetön aika jää 0,3 sekuntiin (0,5 s - 0,2 s). Mikäli mikrotuotannon havaitaan aiheuttavan pikajälleenkytkentäongelmia, voidaan verkon pikajälleenkytkentöjä pidentää 0,2 sekunnilla sellaisissa verkon osissa, joissa on mikrotuotantoa ja käytössä on pikajälleenkytkentöjä.

5.9. Varavoimakäyttö

Mikäli kuluttaja haluaa käyttää verkon kanssa rinnankäyvää mikrotuotantolaitosta varavoimana, tulee asentaa kaksoiskytkentämahdollisuus, jossa toisella kytkennällä mikrotuotantolaitos toimii verkon kanssa rinnan ja toisella kytkennällä täysin verkosta erotetussa saarekkeessa. Tämä vaatii erillisen kytkimen ja lisälaitteiston. On ehdottomasti varmistettava, ettei laitos voi missään olosuhteissa syöttää samanaikaisesti sekä verkkoa että verkosta erotettua saarekettä.

6. LAITOKSEN VERKKOON SYÖTTÄMÄT OIKOSULKUVIRRAT

Mikrotuotantolaitos voi syöttää verkkoon oikosulkuvirtoja ja näin nostaa kokonaisoikosulkuvirtoja vikapaikan lähellä. Korkeat oikosulkuvirratt hajautetusti sijoitetun tuotantolaitoksen läheisyydessä voivat johtaa termisten rajojen ylittymiseen verkon komponenteissa. Erityisesti kaapeliliitokset, muuntajat ja kytkinlaitteet ovat ongelmallisia lisääntyneiden vikavirtojen tilanteessa. Mikäli yllämainittuja ongelmia ilmenee mikrotuotannon takia, voidaan ongelmaa hallita esimerkiksi vaihtamalla komponentteja parempiin tai pienentämällä oikosulkuvirtoja jakamalla verkko pienempiin osiin. Myös muuntajan arvojen asettelulla voidaan vähentää oikosulkuvirtoja. Joissain tapauksissa voidaan käyttää vikavirtarajoittimia.

Mikrotuotantolaitoksen syöttämä vikavirta riippuu laitoksen ominaisuuksista. Taajuusmuuttajan välityksellä verkkoon liitetyn laitteiston vikavirtaa rajoittavat taajuusmuuttajan ominaisuudet. Mikrotuotantolaitosten syöttämä vikavirta on yleensä vain hieman sen nimellisvirtaa suurempi. Laitteiston tyyppitestauspapereissa tulisi olla merkittynä laitteiston maksimivikavirran suuruus. Tätä arvoa voidaan käyttää arvioitaessa laitok-

Mikrotuotannon liittäminen sähkönjakeluverkkoon

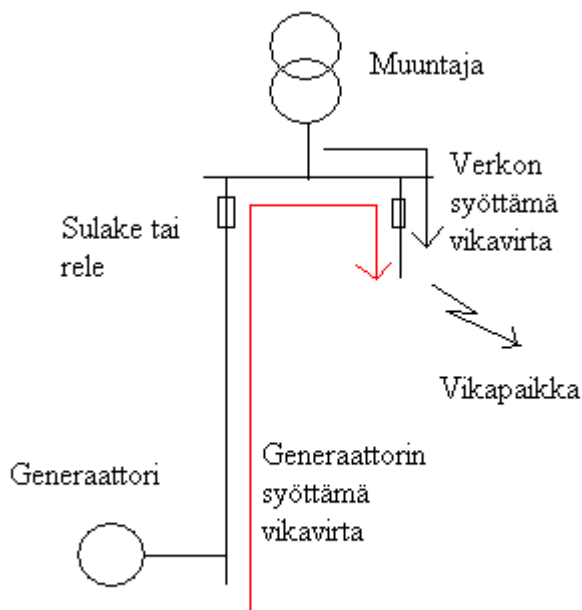
sen verkkovaikutuksia. Asiakkaan tulee ilmoittaa verkkoyhtiölle laitoksen maksimissaan syöttämän vikavirran suuruus.

Seuraavaksi esitellään kaksi mahdollista tapausta, joissa mikrotuotannon vikavirrat voivat johtaa verkon suojauksen väärintoimimiseen. Tapaukset ovat virhelaukaisu ja suojauksen sokaistuminen.

Kumpikaan tapauksista ei ole todennäköinen, kun mikrotuotantomäärät ovat pieniä. Tilanne voi kuitenkin muuttua, mikäli mikrotuotannon määrät kasvavat merkittävästi. Tilanne tulee entistä todennäköisemmäksi, jos mikrotuotanto on epätahtikonetuotantoa. Taajuusmuuttajan välityksellä liittyvän tuotannon vikavirran syöttökykyä rajoittavat taajuusmuuttajan sisäiset ominaisuudet, mutta epätahtikone voi syöttää suuria määriä oikosulkuvirtaa.

6.1. Virhelaukaisu

Verkon suojauksen kannalta ongelmallinen tilanne voi syntyä kuvan 6.1. mukaisessa tapauksessa, jossa mikrotuotantolaitos aiheuttaa tietyn verkon osan turhan irrottamisen syötöstä.



Kuva 6.1. Virhelaukaisu. Mikrotuotantolaitoksen syöttämä vikavirta on merkattu punaisella.

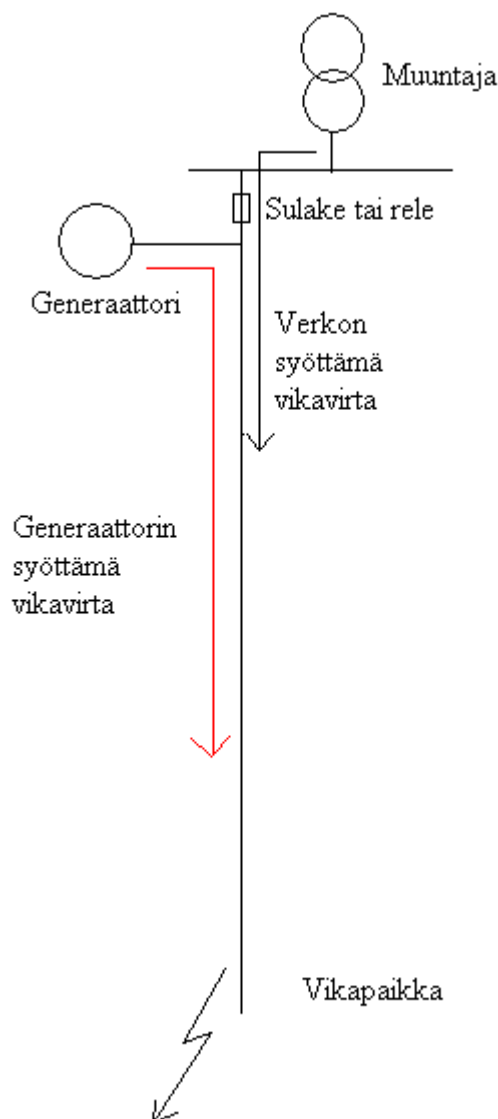
Kun oikosulkuvika syntyy sellaisen muuntamon syötössä, jonka johonkin toiseen syötöön on liittynyt hajautettua tuotantoa, voi ylivirtasuojauksen toiminta häiriintyä. Kuvan 6.1. mukaisessa viassa syöttävä muuntaja syöttää vikavirtaa vikapaikkaan. Myös mikrotuotantolaitos osallistuu vikavirran syöttämiseen. Tällöin myös vasemman puolei-

Mikrotuotannon liittäminen sähkönjakeluverkkoon

sen ylivirtasuojan (sulake tai rele) läpi kulkee vikavirtaa. Mikäli vikavirran suuruus ylittää ylivirtasuojan kapasiteetin, eikä suojaus tunnista vikavirran suuntaa, se toimii ja katkaisee syötön mikrotuotantolaitoksen puoleisesta verkon osasta.

6.2. Suojauksen sokaistuminen

Toinen verkon suojauksen kannalta ongelmallinen tilanne voi syntyä kuvan 6.2. mukaisessa tapauksessa, jossa mikrotuotantolaitoksen syöttämät vikavirrat häiritsevät verkon suojauksen toimintaa.



Kuva 6.2. Suojauksen sokaistuminen. Mikrotuotantolaitoksen syöttämä vikavirta on merkattu punaisella.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

Kun vika tapahtuu sellaisessa paikassa, jossa vikapaikan ja syötön väliin jää mikrotuotantolaitos tai useita laitoksia, suojaus voi sokaistua. Kuvassa 6.2. on piirretty tilanne, jossa syöttö syöttää oikosulkuvirtaa vikapaikkaan. Kuitenkin myös kuvassa oleva mikrotuotantolaitos syöttää vikavirtaa, jolloin syötön syöttämä vikavirta pienenee. Mikäli mikrotuotantoa on riittävästi, voi syötön syöttämä oikosulkuvirta laskea sellaiselle tasolle, ettei muuntajan lähdön ylivirtasuojaus enää reagoi.

7. KOHTEET, JOIDEN SÄHKÖLLE EI OLE OSTAJAA

Mikrotuotantolaitosten 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.

Nykyään jo usea sähkönmyyjä on ilmoittanut ostavansa mikrotuotettua sähköä. Mikrotuottajaa tulee kehottaa löytämään ostaja verkkoon päin siirtyvälle sähkölle.

8. MIKROTUOTANNON MITTAUS

Mittauskäytännöt ja mittauksia koskeva lainsäädäntö ovat erilaiset eri kohteissa riippuen kohteen koosta. Tässä luvussa on käsitelty eri tilanteita. Mittauksen aiheuttamia kustannuksia on käsitelty luvussa 10. Hinnoitteluperiaatteet.

8.1. Enintään 100 kVA tuotantolaitokset

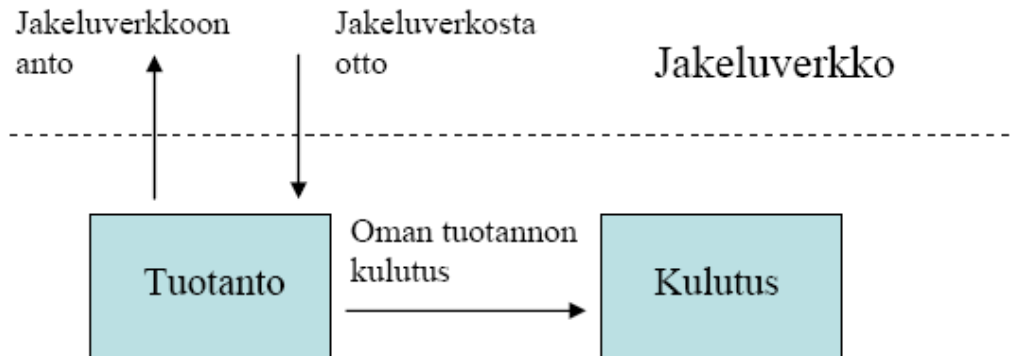
Sähköntuotanto tulee mitata tunneittain etäluettavalla sähkömittarilla. Kaikki olemassa olevat tuotantokohteet, joista sähköä siirtyy myös yleiseen jakeluverkkoon, tulee varustaa tuntimittauksella.

Kun pientuotantopaikassa on sekä sähköntuotantoa että kulutusta, voidaan niitä mitata yhdellä mittarilla. Enintään 100 kVA tuotantolaitos ei vaadi omaa mittalaitetta, vaan riittää, että kohteesta mitataan erikseen sekä sähköverkosta otettu että siihen syötetty sähkö.

Verkosta ottoa ja antoa ei saa netottaa, vaan mittalaitteessa tulee olla näille erilliset rekisterit.

8.2. Yli 100 kVA tuotantolaitokset

Jos tuotantolaitos nimellisteholtaan yli 100 kVA, ei tuotantoa ja kulutusta voida enää mitata yhdellä mittarilla. Käyttöpaikasta, jossa on sekä verkosta ottoa että verkkoon antoa, tulee mitata verkosta otton ja verkkoon annon lisäksi oman tuotannon kulutus. Oman tuotannon kulutus saadaan vähentämällä tuotetusta sähköstä tuotantolaitoksen omakäyttösähkö ja verkkoon syötetty sähkö. Omakäyttösähkö on tuotantolaitosjärjestelmän itsensä kuluttama sähkö.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**


Kuva 8.1. Tuotannon mittaus.

Verkonhaltija on vastuussa verkosta oton ja annon mittaamisesta. Mittari on verkonhaltijan omistuksessa ja verkonhaltija huolehtii sen luennasta. Tarvittavista tuotannon ja oman tuotannon kulutuksen mittauksista vastaa sähkön tuottaja. Mikäli verkonhaltija tarvitsee tiedon oman tuotannon kulutuksesta omaa laskutustaan varten, verkonhaltija vastaa mittauksesta (yleensä yli 1 MVA tuotantolaitokset).

8.3. Mittareiden ominaisuuksista

Erilaiset etäluettavat mittarit käsittelevät vaihekohtaista tehonsiirtoa eri tavoin. Netottava eli kahteen suuntaan mittaavaa ja mittausdatan summaavaa mittaria ei saa käyttää missään tapauksessa, kun kohteessa on sekä kulutusta että tuotantoa.

8.4. Mittaustietojen rekisteröinti ja välitys

Kun samassa liittymässä on sekä kulutusta että tuotantoa, tulee ne mitata erikseen. Mittarin tulee tallettaa verkosta otto ja verkkoon anto eri rekistereihin. Tietojen hallinta hoidetaan siten, että verkkoyhtiön järjestelmään tehdään kohteelle kaksi käyttöpaikkatunnusta, joista toinen on kulutuspaikka ja toinen on tuotantopaikka.

9. TUOTANTOA KOSKEVAT SOPIMUKSET

Kun kulutuskohteen yhteyteen liittyy tuotantoa, tuotannon osalta tehdään tuotannon verkkopalvelusopimus. Tämä on mahdollista tehdä täydentämällä kulutuksen verkkopalvelusopimusta. Verkkopalveluehdot (VPE2019) kattavat sekä kulutuksen että tuotannon.

Mikrotuotantokohteissa ei ole välttämätöntä tehdä tuotannon liittymissopimusta vaan voidaan jatkaa olemassa olevalla kulutuksen liittymissopimuksella. Liittymisehdot (LE2019) kattavat sekä kulutuksen että tuotannon.

9.1. Mikrotuotantolaitteistosta verkkoyhtiölle ilmoitettavat tekniset tiedot

Mikrotuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalla tiedot tuotantolaitteiston teknisistä ominaisuuksista.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon**

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

- Tuotantolaitteen, verkkoonliityntälaitteen ja mahdollisten lisälaitteiden tyyppikilpiin kirjatut tiedot sekä laitteen syöttämä suurin vikavirta
- Testauspöytäkirja, josta selviää, että tuotantolaitos täyttää aliluvussa 5.2. esitetyt suojausvaatimukset
- Tuotantolaitoksen verkkoon kytkeytymistapa (automaattinen/manuaalinen) ja kytkeytymisaika
- Tieto laitoksen erottamisratkaisusta ja erottimen tiedot
- Testauspöytäkirjat, joista selviää, että laitteisto täyttää luvussa 4. esitetyt EMC-vaatimukset

Tietojen toimittamiseen voidaan käyttää Energiateollisuus ry:n suosittamaa mikrotuotannon yleistietolomaketta.

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

Tuotantolaitosta voidaan käyttää vasta, kun verkonhaltija on antanut luvan laitoksen käyttöön.

10. HINNOITTELUPERIAATTEET

Tässä luvussa eritellään mikrotuotantokohteiden liittymismaksujen ja verkkopalvelumaksujen hinnoittelua.

10.1. Liittymismaksu

Verkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää verkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät käyttöpaikat ja sähköntuotantolaitokset. Sähkömarkkinalain 56 §:n mukaan enintään 2 MVA:n laitoksilta tuotannon liittymismaksuun ei saa sisällyttää sähköverkon vahvistamisesta aiheutuvia kustannuksia. Voidaan siis periä ainoastaan kohdetta itseään palvelevasta verkon osasta aiheutuvat kustannukset. Jos tuotantolaitoksen liittäminen aiheuttaa suojausmuutoksia verkkoon, asiakas vastaa myös näistä kustannuksista.

10.2. Liittymismaksun suuruus, kun kohteen kulutus on suurempaa kuin tuotanto

Jos kohteen kulutus (verkosta otto) on suurempaa kuin kohteen tuotanto (verkkoon anto), peritään kohteelta normaalit käyttöpaikan liittymismaksut. Pienimuotoiselle tuotannolle pätee yleensä tämä tilanne.

**Mikrotuotannon liittäminen
sähkönjakeluverkkoon****10.3. Liittymismaksun suuruus, kun kohteen kulutus on pienempää kuin tuotanto**

Jos kohteen kulutus (verkosta otto) on pienempää kuin tuotanto (verkkoon anto), arvioidaan pelkkää kulutusta varten vaadittavan liittymän koko ja peritään vastaavan kokoisin kulutuskohteen liittymismaksu. Tämän ylittävältä osalta voidaan periä laskennallinen tuotannon liittymismaksun periaatteita vastaava osa.

Edellä mainittu laskennallinen osuus voidaan määritellä esimerkiksi seuraavasti: Se on suuruudeltaan asiakkaan tuotantoa vastaavan kokoisin liittymän asiakasta palvelevan verkon rakentamiskulut, joista on vähennetty asiakkaan käyttöä vastaavan kokoisin liittymän rakentamiskulut asiakasta palvelevan verkon osalta.

10.4. 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 kuluksista peritään yleensä maksuja vain yli 1 MVA:n laitoksilta. Tämä johtuu kanta-verkkomaksujen määrittelyperiaatteista.

Kohteilta, joiden tuotantoa ei myydä markkinoille, ei voida periä tuotannon siirtomaksua eikä maksua tuotannon mittauksesta.

10.5. Mittauskustannukset**Mittarointimaksu**

Energiaviraston päätöksen 20.2.2018 (Dnro 1062/420/2017) nojalla verkonhaltija ei saa periä asiakkaalta kustannuksia tuotantolaitoksen kytkemisen edellyttämän mittaroinnin toteuttamisesta.