

**VOIMALAITOSTEN JÄRJESTELMÄTEKNISET VAATIMUKSET (VJV 2007) LIITE 4**

Vaatimusten todentamiseen liittyvät  
toimintatavat ja kuvaus käyttöönottokokeiden  
sisällöstä

Joulukuu 2011

## 1. Johdanto

Fingridin Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset (VJV2007) (jäljempänä Vaatimukset) määrää liitteessään 2 (VJV2007 LIITE 2 Tuulivoimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset") Suomen voimajärjestelmään kytkettäviä tuulivoimalaitoksia koskevat vaatimukset. Liitteen 2 kappaleen 11.2 mukaisesti yli 10 MVA:n voimalaitosten osalta Vaatimukset tulee todentaa ensisijaisesti Käyttöönottokokeiden avulla.

Tämän dokumentti kuvaa tarkemmin liitteen 2 kappaleen 11.2 mukaista, yli 10 MVA:n laitoksiin kohdistuvien Vaatimusten todentamiseen liittyvää prosessia (kpl 2) sekä havainnollistaa esimerkin avulla voimalaitokselle suoritettavan Käyttöönottokokeiden sisältöä ja laajuutta (kpl 3).

### 1.1 Määritelmät

**Käyttöönottokokeet:** Kokeet, joilla voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä osoitetaan, että tuulivoimalaitos täyttää sille asetetut Vaatimukset.

**Käyttöönottokoesuunnitelma:** Dokumentti, joka kuvaa Käyttöönottokokeiden sisällön sekä aikataulun pääkohtien (kts. VJV2007 liitteen 2 taulukko 11.1) osalta.

**Käyttöönotto-ohje:** Dokumentti, joka kuvaa yksityiskohtaisella tasolla, kohta kohdalta, yksittäisiin Käyttöönottokokeisiin liittyvät käyttötoimenpiteet ml. voimalaitoksen toimintapisteen, säätöjen toimintatilat sekä mahdolliset voimalaitoksen suojaus-, säätö- ja automaatiojärjestelmän asetteluihin tehtävät muutokset.

## **2. Käyttöönottokokeisiin liittyvät toimenpiteet ja käytännöt**

### **2.1 Käyttöönottoon liittyvien suunnitelmien laatiminen ja toimittaminen**

Liitteen 2 kappaleessa 11.2 kuvatulla tavalla voimalaitoskohtaisen suunnitelman laatiminen Käyttöönottokokeiden laajuudesta ja sisällöstä on voimalaitosliittyjän (jäljempänä Liittyjä) vastuulla. Suunnitelman tulee kattaa Vaatimusten kannalta keskeisten toiminnallisuuksien testaaminen. Liitteen 2 kappaleen 12.2.2 mukaisesti Liittyjä vastaa siitä, että viimeistään 3 kk ennen Käyttöönottokokeiden suunniteltua aloitusajankohtaa Fingridille toimitetaan kommentoitavaksi Käyttöönottokoesuunnitelma, alustavat Käyttöönotto-ohjeet ja kuvaus kokeiden käytännön järjestelyistä. Kyseiset dokumentit on toimitettava myös liityntäpisteen verkonhaltijalle.

Yleensä käyttöönottoon liittyvät suunnitelmat laatii voimalaitoksen toimittaja (jäljempänä Laitostoimittaja) tai taho, jolla on päävastuu voimalaitosprojektin teknisestä toteutuksesta (jäljempänä Laitostoimittaja).

### **2.2 Poikkeamat Käyttöönottoon liittyvistä suunnitelmista**

Kaikista käyttöönottokoesuunnitelmaan tehtävistä muutoksista ja poikkeamista tulee erikseen sopia Fingridin kanssa.

Mahdolliset sertifikaatit eivät oikeuta jättämään käyttöönottokoesuunnitelman kokeita suorittamatta. Fingrid voi kuitenkin arvioida käyttöönottokoesuunnitelman laajuutta uudelleen niiltä osin, kun sertifikaatteja voidaan soveltaa tuulivoimalaitokseen asennettuihin tuuliturbiinigeneraattoreihin ja voimalaitoskokonaisuuteen.

### **2.3 Käyttöönottokokeiden aikataulu ja tiedonvaihto kokeen aikana**

Ennen käyttöönottokokeiden aloittamista tulee järjestää tapaaminen, mikäli Liittyjä, Laitostoimittaja, voimalaitoksen liityntäpisteen verkonhaltija tai Fingrid kokee sen tarpeelliseksi. Tapaamisen järjestäminen on Liittyjän vastuulla. Tapaamisessa käydään läpi lopullinen käyttöönottokoesuunnitelma, aikataulu, käytännön järjestelyt sekä eri osapuolien vastuunjako käyttöönoton aikana. Mikäli tapaamista ei järjestetä, tulee jokaisen edellä mainitun osapuolen nimittää vähintään yksi yhteyshenkilö käyttöönottoa varten.

Käyttöönottokokeet tulee suorittaa yhteistyössä Liittyjä, Laitostoimittajan, voimalaitoksen liityntäpisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Kokeiden aikatauluista ja järjestelyistä sovittaessa on huomioitava mahdollisuuksien mukaan kaikki em. osapuolet ja kaikille osapuolille on toimitettava asianmukainen ennakoilmoitus kokeiden ajankohdista. Fingridin edustajilla on oikeus osallistua kaikkiin Käyttöönottokokeisiin.

Käyttöönottokokeisiin liittyvistä epävarmuustekijöistä (esimerkiksi tuuliolosuhteet, paikallisen verkon ja voimajärjestelmän käyttötilanne) johtuen Käyttöönottokokeiden aikatauluun voi tulla muutoksia käyttöönoton edetessä. Fingridiä tulee informoida kaikista käyttöönoton aikana ilmenevistä Käyttöönottokokeisiin tai niiden aikatauluihin liittyvistä muutoksista.

Järjestelmävastaavana Fingridillä on oikeus peruuttaa tai muuttaa Käyttöönottokokeiden aikataulua, mikäli kokeiden suorittaminen suunniteltuna ajankohtana ei ole siirtoverkon käyttötilanteesta johtuen mahdollista. Liityntäpisteen verkonhaltijalla on vastaava oikeus omaan verkkonsa käyttötilanteen suhteen.

Uudesta aikataulusta on sovittava yhteistyössä Liittyjä, Laitostoimittajan, voimalaitoksen liityntäpisteen verkonhaltijan ja Fingridin kesken.

### **2.4 Käyttöönottokokeiden tallentaminen mittauksin**

Tuulivoimalaitokselle määritetty VJV-vaatimusten referenssipiste on sekä suoritettavien mittausten mittauspiste että tuulivoimalaitoksen toiminnan tarkastelupiste.

Osana kappaleessa 2.1 kuvattuja, Käyttöönottokokeiden käytännön järjestelyihin liittyviä tietoja, Fingridille tulee toimittaa liitteen 2 kappaleen 12.2.2 mukaisesti kuvaus käyttöönottokokeiden aikana käytettävistä mittalaitteista ja muista mittausjärjestelyistä sekä kiinteästi osaksi voimalaitoksen säätö-, suojaus- ja automaatiojärjestelmää asennettavista mittauslaitteista ja/tai mittausjärjestelmistä.

Kaikista Käyttöönottokokeista tulee mitata ja tallentaa vähintään seuraavat suureet. Suureiden mittaustarkkuudesta sovitaan erikseen lopullisen käyttöönottokoesuunnitelman rakenteen ja sisällön perusteella.

- tuulivoimalaitoksen pätöteho
- tuulivoimalaitoksen loisteho
- jännite VJV-vaatimusten referenssipisteessä
- taajuus VJV-vaatimusten referenssipisteessä
- tuulivoimalaitoksen eri säätöjärjestelmien säädön ohjesignaalit

## **2.5 Käyttöönottokokeiden dokumentointi**

VJV2007 liitteen 2 kappaleen 11.2 mukaisesti Vaatimusten täyttäminen edellyttää, että käyttöönottokokeiden tulokset dokumentoidaan käyttöönottoraporttiin ja laskentamallin todentamisen kannalta keskeisten kokeiden tulokset toimitetaan Fingridille numeerisessa muodossa.

### **3. Esimerkki käyttöönottokokeiden sisällöstä**

Tässä kappaleessa on esitetty esimerkki Käyttöönottokokeiden sisällöstä pohjautuen VJV2007 liitteen 2 taulukossa 11.1 esitettyyn esimerkki Käyttöönottokoesuunnitelman rakenteesta kokeiden keskeisten osakokonaisuuksien kannalta. Esimerkin tarkoitus on havainnollistaa Käyttöönottokokeiden laajuutta sekä osakokeiden, joiden pohjalta Käyttöönotto-ohjeet tulee laatia, määrää ja luonnetta.

Käyttöönottokokeiden osalta VJV2007 liitteen 2 kappaleessa 3.1 kuvatuissa tapauksissa voimalaitokselta vaaditaan lisäksi VJV2007 liitteessä 5 kuvattuja Käyttöönottokokeita sekä niihin liittyviä toimenpiteitä.

Tämän kappaleen kuvaus Käyttöönottokokeiden sisällöstä on ohjeellinen, eikä sitä tule pitää ehdottomana tai kattavana luettelona vaadittavista Käyttöönottokokeista. Ensisijaisesti onkin suositeltavaa hyödyntää tuulivoimalaitoksen pääkomponenttien toimittajan käyttöönottokoesuunnitelmaa ja -ohjeita, joiden laajuuden on todennettava Vaatimukset.

.

## **3.1 Voimalaitoksen käynnistäminen ja pysäyttäminen**

### **3.1.1 Kokeen tavoite**

Kokeessa tarkastellaan tuulivoimalaitoksen käynnistämisen ja sammuttamisen vaikutusta VJV-referenssipisteen jännitteeseen.

### **3.1.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Koe suoritetaan tuulivoimalaitoksen tuulen nopeuden ollessa lähellä

- 1) nopeutta, jolla tuulivoimalaitos käynnistää pätötehon tuotannon (cut-in wind speed)
- 2) tuulivoimalaitoksen nimellistä tuulen nopeutta (rated wind speed)

Koe suositellaan suoritettavaksi esimerkiksi tuulivoimalaitoksen käynnistyksen tai pysäytyksen yhteydessä. Verkon käyttötilanteen salliessa kokeen suorittaminen on suoritettava useammalla kuin yhdellä VJV-vaatimusten referenssipisteen oikosulkutehotasolla.

### **3.1.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitoksen käynnistys- ja sammutussekvenssit ovat Vaatimusten mukaiset.

## **3.2 Toiminta minimiteholla**

### **3.2.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen Vaatimusten mukainen toiminta, kun tuulivoimalaitosta käytetään miniteholla.

### **3.2.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Tuulivoimalaitokselle asetettujen Vaatimusten mukainen toiminta todennetaan käyttämällä tuulivoimalaitosta minimiteholla vähintään 15 minuutin ajan.

Koe voidaan suorittaa tehonrajoituskokeen (kohta 3.5.1) tai loistehokapasiteettikokeen (kohta 3.3) yhteydessä.

### **3.2.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitos kykenee toimimaan minimikuormallaan vähintään 15 minuutin ajan ilman tuulivoimalaitoksen toimintapisteen muutosta tai suojaustoimintoa, joka irrottaa tuulivoimalaitoksen verkosta.

### **3.3 Loistehokapasiteetti**

#### **3.3.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen kyky tuottaa loistehoa verkkoon (suurin mahdollinen loisteho sekä kapasitiivisella että induktiivisella tehokertoimella).

Loistehokapasiteettikokeen tulee osoittaa tuulivoimalaitoksen käytettävissä oleva todellinen loistehokapasiteettialue (suurin laitoksesta saatavilla oleva loisteho sekä induktiivisella että kapasitiivisella tehokertoimella). Tuulivoimalaitoksen loistehokapasiteettia ei saa kokeen aikana rajoittaa kokeessa käytettävän säädön (vakiloistehosäätö, vakiotehokerroinsäätö tai vakiojännitteensäätö) rajoittimilla eli kapasiteetin rajoittuminen tulee olla seurausta tuulivoimalaitoksen komponenttien toiminnallisen turvallisuuden takaavien rajoittimien, esim. virtamittaukseen perustuvien ylikuormitusrajoittimien, toiminnan seurausta.

#### **3.3.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Loistehokapasiteettikokeen tulee osoittaa, että tuulivoimalaitos kykenee toimimaan vähintään 15 minuutin ajan ainakin seuraavissa (tai vastaavissa) toimintapisteissä:

- 1) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho kapasitiivisella (alimagn.) tehokertoimella pätötehotuotannon ollessa yli 50 % laitoksen nimellisestä pätötehosta
- 2) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho induktiivisella (ylimagn.) tehokertoimella pätötehotuotannon ollessa yli 50 % laitoksen nimellisestä pätötehosta
- 3) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho kapasitiivisella (alimagn.) tehokertoimella pätötehotuotannon ollessa 10-40 % laitoksen nimellisestä pätötehosta
- 4) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho induktiivisella (ylimagn.) tehokertoimella pätötehotuotannon ollessa 10-40 % laitoksen nimellisestä pätötehosta
- 5) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho kapasitiivisella (alimagn.) tehokertoimella laitoksen toimiessa minimikuormalla.
- 6) tuulivoimalaitoksen suurin mahdollinen loisteho induktiiviselle (ylimagn.) tehokertoimella laitoksen toimiessa minimikuormalla.

Yllä mainitut kohdat 3-6 voidaan myös sisällyttää osaksi tehonrajoituskoetta (kohta 3.5.1).

#### **3.3.3 Hyväksymiskriteerit**

Loistehokapasiteettikokeen tulos hyväksytään, mikäli seuraavat vaatimukset täyttyvät:

- 1) Tuulivoimalaitoksen loistehokapasiteetti täyttää sille Vaatimuksissa asetetut loistehokapasiteettivaatimukset
- 2) Loistehokapasiteettikokeessa todennettu tuulivoimalaitoksen loistehokapasiteetti vastaa pääpiirteissään tuulivoimalaitoksen laskentamallin antamaa loistehokapasiteettia. Poikkeamista mallin ja mittauksen välillä on toimitettava selvitys Fingridille.
- 2) Loistehokapasiteettikokeessa todennettu tuulivoimalaitoksen loistehokapasiteetti vastaa loistehokapasiteettilaskelmassa määritettyä loistehokapasiteettia.
- 3) Loistehokapasiteettikoe suoritetaan ilman tuulivoimalaitoksen toimintapisteen muutosta tai suojaustoimintoa, joka irrottaa tuulivoimalaitoksen verkosta.

## **3.4 Loisteho- ja jännitesäädön toiminta**

### **3.4.1 Vakioloistehosäätö**

#### **3.4.1.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen vakioloistehosäädön vaatimusten mukainen toiminta, tarkkuus ja ominaisuudet.

#### **3.4.1.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Kokeella todennetaan seuraavien vakioloistehosäädön toiminnallisuuksien ja ominaisuuksien vaatimusten mukainen toiminta:

- 1) Loistehon asetteluarvon asettelualueen rajoittimien toiminta vastaa voimalaitoksen todellista loistehokapasiteettia.
- 2) Loistehon asetteluarvon pienin muutos
- 3) Säädön askelvaste ja loistehon muutosnopeuden rajoittimet (mikäli sovelletaan)
- 4) Säädön tarkkuus, joka tulee todentaa sekä pienellä että suurella loistehontuotannolla sekä induktiivisella että kapasitiivisella tehokertoimella.

Vakioloistehosäädön kokeet voidaan suorittaa soveltuvin osin loistehokapasiteettikokeen (kohta 3.3) yhteydessä.

#### **3.4.1.3 Hyväksymiskriteerit**

- 1) Loistehon asetteluarvon asettelualue vastaa voimalaitoksen todellista loistehokapasiteettia
- 2) Mahdolliset loistehon muutosnopeuden rajoittimet toimivat hyväksytyllä tavalla.
- 3) Loistehon asetteluarvoa muutettaessa säätö saavuttaa loistehon asetteluarvon ennalta määritellyn ajan kuluessa (alle 60 sekunnissa tai muussa erikseen sovitussa ajassa) siten, että säädön vaste ei värähtele.
- 4) Vakioloistehosäätö pitää voimalaitoksen loistehon säädön asetteluarvossa Vaatimusten mukaisella tarkkuudella.
- 5) Tuulivoimalaitoksen loistehosäätö kykenee säätämään laitoksen loistehon loistehokapasiteettialueen ääripisteestä (tai sen läheisyydestä) toiseen käyttäen nopeinta loistehon muutosnopeutta. Tuulivoimalaitoksen loistehon mahdollisten muutosnopeuden rajoittimien toiminta tulee todentaa siirryttäessä kapasitiiviselta tehokertoimelta induktiiviseen.

### **3.4.2 Vakiotehokerroinsäätö**

#### **3.4.2.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen vakiotehokerroinsäädön vaatimusten mukainen toiminta, tarkkuus ja ominaisuudet.

#### **3.4.2.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Kokeella todennetaan seuraavien vakiotehokerroinsäädön toiminnallisuuksien ja ominaisuuksien vaatimusten mukainen toiminta:

- 1) Tehokertoimen asetteluarvon asettelualueen rajoittimet toimivat Vaatimusten mukaisesti
- 2) Tehokertoimen asetteluarvon asettelualue ja resoluutio
- 3) Vakiotehokerroinsäädön askelvaste
- 4) Vakiotehokerroinsäädön tarkkuus pienellä ja suurella loistehontuotannolla sekä kapasitiivisella että induktiivisella tehokertoimella

#### **3.4.2.3 Hyväksymiskriteerit**

- 1) Tehokertoimen asetteluarvo voidaan asetella Vaatimusten mukaisella tarkkuudella ja tehokerroinalueella.
- 2) Vakiotehokerroinsäädön vasteaika on todennettu hyväksytysti ja säädön vaste ei värähtele.
- 3) Vakiotehokerroinsäätö pitää voimalaitoksen loistehon säädön asetteluarvossa Vaatimusten mukaisella tarkkuudella.

### **3.4.3 Vakiojännitesäätö**

#### **3.4.3.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen vakiojännitesäädön vaatimusten mukainen toiminta, tarkkuus ja ominaisuudet.

#### **3.4.3.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Kokeella todennetaan vähintään seuraavien vakiojänniteensäädön ominaisuuksien vaatimusten mukainen toiminta:

- 1) Todennetaan vakiojännitesäädön statiikan asettelualue ja statiikan vaatimusten mukainen toiminta. Statiikan toiminta todennetaan käyttäen kahta statiikan arvoa.
- 2) Todennetaan vakiojännitesäädön asettelualue ja resoluutio käyttäen askelmaisia (esim.  $\pm 0.01$  p.u.  $\pm 0.03$  p.u.,  $\pm 0.05$  p.u.) muutoksia jännitteen asetteluarvossa.
- 3) Todennetaan osaksi vakiojännitesäätöä mahdollisesti toteutetun kuolleen alueen asettelualue ja varmistetaan kuolleen alueen vaatimusten mukainen toiminta käyttäen kahta kuolleen alueen arvoa.
- 4) Todennetaan vakiojännitesäädön vasteaika ja vasteen ominaisuudet käyttäen askelmaisia muutoksia (esim. kuten kohdassa 2) jännitteen asetteluarvossa.
- 5) Todennetaan vakiojänniteensäädön tarkkuus
- 6) Todennetaan vakiojännitesäädön vaste normaaleihin käytönaikaisiin jännitteen asetteluarvon muutoksiin (esimerkiksi käytönvalvontajärjestelmän kautta tehdyt muutokset)

Askelmaisia jännitteen asetteluarvon muutoksia sisältävät kokeet tulee suorittaa joko syöttämällä askelmainen testisignaali jänniteensäädön asetteluarvoon, tai muuttamalla VJV-referenssipisteen jännitettä askelmaisesti käyttämällä esimerkiksi loistehonkompensointilaitteita tai käämikytkimiä.

#### **3.4.3.3 Hyväksymiskriteerit**

- 1) Vakiojännitesäädön jännitteen asetteluarvo ja säädön statiikka voidaan asettaa Vaatimusten mukaisesti.
- 2) Vakiojännitesäädön jännitteen asetteluarvon pienin asetteluportas (pienin asetteluarvon muutos) on Vaatimusten mukainen
- 3) Vakiojännitesäädön askelvasteen nousuaika ja ylitys ovat Vaatimusten mukaiset
- 4) Vakiojänniteensäätö ei ole herkkä jännitteen nopeille vaihteluille, eivätkä verkon jännitteen muutokset aiheuta toistuvia tai heikosti vaimenevia värähtelyitä säädön vasteeseen.

### **3.4.4 Säädön toimintatilan muutokset**

#### **3.4.4.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen Vaatimusten mukainen toiminta voimalaitoksen loistehosäädön toimintatilaa muutettaessa.

#### **3.4.4.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Säädön toimintatilojen vaihtoa suositellaan havainnollistettaviksi kokeiden 3.4.1 - 3.4.3 yhteydessä.

#### **3.4.4.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli säädön toimintatilan muutokset tapahtuvat Vaatimusten mukaisesti.

## **3.5 Pätötehon ja taajuudensäädön toiminta**

### **3.5.1 Tehon rajoitus**

#### **3.5.1.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen kyky rajoittaa pätötehontuotantoa määrätyille tehotasoille.

#### **3.5.1.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Kokeen tulee todentaa tuulivoimalaitoksen kyky rajoittaa pätötehontuotantoa vähintään seuraaville tehotasoille

- 1) Tasolle, joka vastaa käytettävissä olevien tuuliturbiinigeneraattoreiden minimitehoa
- 2) Tasolle, joka vastaa 30 % käytössä olevien tuuliturbiinigeneraattoreiden kokonaistehosta
- 3) Tasolle, joka vastaa 50 % käytössä olevien tuuliturbiinigeneraattoreiden kokonaistehosta

Tuulivoimalaitoksen tulee ylläpitää rajoitettua tehotasoa vähintään 15 minuutin ajan.

Koe suositellaan suoritettavaksi esimerkiksi loistehokapasiteettikokeen (kohta 3.3) tai taajuussäätökokeen (kohta 3.5.4), yhteydessä.

#### **3.5.1.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitos kykenee rajoittamaan 15 minuutin ajan pätötehoaan VJV-referenssipisteessä Vaatimusten mukaisesti ilman tuulivoimalaitoksen toimintapisteen muutosta tai suojaustoimintoa, joka irrottaa tuulivoimalaitoksen verkosta

## **3.5.2 Tehon muutosnopeuden rajoitus**

### **3.5.2.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen pätötehon muutosnopeuden rajoittimien Vaatimusten mukainen toiminta.

### **3.5.2.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Pätötehon muutosnopeuden rajoittimien Vaatimusten mukainen toiminta todennetaan käyttäen erilaisia muutosnopeuden rajoitusehtoja (sekä positiivisia että negatiivisia) sisältäen vähintään seuraavat muutosnopeuden rajoitusehdot:

- 1) Suurin muutosnopeus
- 2) Muutosnopeus, joka vastaa siirtymistä tuulivoimalaitoksen nimellisteholta nollateholle yhdessä minuutissa
- 3) Pieni muutosnopeus, esimerkiksi 3 MW/min

Koe suositellaan suoritettavaksi esimerkiksi loistehokapasiteettikokeen (kohta 3.3), tehonrajoituskokeen (kohta 3.5.1) tai taajuussäätökokeen (kohta 3.5.4), yhteydessä.

### **3.5.2.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitoksen pätötehon muutosnopeuden rajoittimien toiminta, aseltavuus ja tarkkuus täyttävät niille asetetut Vaatimukset.

### **3.5.3 Toiminta kovalla tuulella**

#### **3.5.3.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan, että tuulivoimalaitoksen alasajo tapahtuu hallitusti voimalaitoksen teknisen dokumentaation mukaisesti toimivia ohjaussekvenssejä käyttäen tuulivoimalaitoksen tuulen nopeuden ylittäessä tiedossa olevan raja-arvon.

#### **3.5.3.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Koe voidaan ohittaa, mikäli käyttöönoton aikana ei ole kokeen kannalta sopivia tuuliolosuhteita, eikä yleisen tason koejärjestelyä ole mahdollista toteuttaa kohtuullisin järjestelyin käyttämällä esimerkiksi tuuligeneraattorin tuulen nopeuden mittaukseen syötettyä signaalia.

#### **3.5.3.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitoksen alasajo tapahtuu hallitusti voimalaitoksen teknisen dokumentaation mukaisesti toimivia ohjaussekvenssejä käyttäen tuulivoimalaitoksen tuulen nopeuden ylittäessä tiedossa olevan raja-arvon.

Mikäli koetta ei suoriteta tuulivoimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä, vaatimuksen täyttymistä seurataan tuulivoimapuiston käytön aikana tehtävin jatkuvin mittauksin.

## **3.5.4 Taajuussäätö**

### **3.5.4.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen kyky osallistua voimajärjestelmän taajuuden säätöön sekä voimajärjestelmässä tapahtuvan jatkuvan taajuuden vaihtelun että suurten askel- ja ramppimaisten taajuusmuutosten yhteydessä.

### **3.5.4.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Taajuussäädön toiminnan todentaminen on jaettu kahteen kokonaisuuteen:

- 1) Todennetaan taajuussäädön toiminta voimajärjestelmässä tapahtuvan jatkuvan taajuuden vaihtelun yhteydessä
- 2) Todennetaan taajuussäädön toiminta suurten ja nopeiden taajuusmuutosten yhteydessä. Taajuusmuutokset toteutetaan syöttämällä taajuussäätöön erilaisia sini- ja ramppi-signaaleja, joiden avulla kaikki tuulivoimalaitoksen käytössä oleva taajuudensäätökapasiteetti saadaan käyttöön.

Kokeiden aikana tuulivoimalaitoksen pätötehotuotanto tulee olla vähintään 30 % käytössä olevien tuuliturbiinigeneraattoreiden nimellisestä pätötehosta. Vastaavasti taajuudensäädön säätöalue tulee olla vähintään  $\pm 10$  % käytössä olevien tuuliturbiinigeneraattoreiden nimellisestä pätötehosta

### **Taajuussäätö voimajärjestelmässä tapahtuvan jatkuvan taajuuden vaihtelun yhteydessä**

- 1) Todennetaan taajuussäädön kyky seurata voimajärjestelmässä tapahtuvia jatkuvia taajuuden vaihteluita, kun säädölle ei ole aseteltu kuollutta aluetta (kuollut alue on 0 mHz)
- 2) Todennetaan taajuussäädön kyky seurata voimajärjestelmässä tapahtuvia jatkuvia taajuuden vaihteluita taajuussäädölle asetellun kuolleen alueen mukaisesti (kuollut alue esimerkiksi 25 mHz)

### **Taajuussäätö testisignaaleilla luotujen suurten taajuusmuutosten yhteydessä**

- 1) Todennetaan taajuussäädön nopean vasteen ominaisuudet (vasteaika muutama sekunti). Vasteen ominaisuudet todennetaan käyttäen testisignaalia, jonka seurauksesta taajuussäätö ohjaa tuulivoimalaitoksen pätötehoa hyödyntäen kaiken tuulivoimalaitokselle asetellun taajuussäätökapasiteetin. Vasteen ominaisuudet todennetaan käyttäen vähintään sekä suurinta käytettävissä olevaa että käyttötilanteelle tyypillistä pätötehon muutosnopeuden rajoittimen asettelua.
- 2) Todennetaan taajuussäädön hitaan vasteen ominaisuudet (vasteaika kymmeniä sekunteja). Vasteen ominaisuudet todennetaan käyttäen testisignaalia, jonka seurauksesta taajuussäätö ohjaa tuulivoimalaitoksen pätötehoa hyödyntäen kaiken tuulivoimalaitokselle asetellun taajuussäätökapasiteetin. Vasteen ominaisuudet todennetaan käyttäen vähintään yhtä käyttötilanteelle tyypillistä pätötehon muutosnopeuden rajoittimen asettelua.
- 3) Todennetaan, että taajuussäädön statiikka on toteutettu Vaatimusten mukaisesti, ja että sekä statiikka että säädön kuollut alue pystytään asettelemaan Vaatimusten mukaisesti.
- 4) Vähintään nopean vasteen ominaisuudet tulee todentaa käyttäen ainakin kahta kuolleen alueen ja statiikan asettelua.

### **3.5.4.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli tuulivoimalaitoksen taajuussäätö täyttää seuraavat vaatimukset:

- 1) Taajuussäätö seuraa voimajärjestelmässä tapahtuvia jatkuvia taajuuden muutoksia Vaatimusten mukaisesti sekä ilman säädön kuollutta aluetta että säädön kuolleen alueen kanssa.
- 2) Taajuussäädön kuolleen alueen ja statiikan asettelurajat ja herkkyys täyttävät Vaatimukset

- 3) Taajuussäätö pystyy ohjaamaan tuulivoimalaitoksen pätötehoa hyödyntäen kaiken tuulivoimalaitokselle asetellun taajuussäätökapasiteetin käyttäen sekä nopeaa että hidasta taajuussäädön vastetta.

### **3.5.5 Säädön toimintatilan muutokset**

#### **3.5.5.1 Kokeen tavoite**

Kokeella todennetaan tuulivoimalaitoksen Vaatimusten mukainen toiminta voimalaitoksen pätötehon säädön toimintatilaa muutettaessa.

#### **3.5.5.2 Esimerkki kokeen sisällöstä**

Säädön toimintatilojen vaihtoa suositellaan havainnollistettaviksi kokeiden 3.5.1 - 3.5.4 yhteydessä.

#### **3.5.5.3 Hyväksymiskriteerit**

Koe hyväksytään, mikäli säädön toimintatilan muutokset tapahtuvat Vaatimusten mukaisesti.

### **3.6 Sähkön laatu**

Koevaatimuksista tulee sopia erikseen Fingridin kanssa.

### **3.7 Toiminta jännitehäiriössä**

Koevaatimuksista tulee sopia erikseen Fingridin kanssa.