

7.1.2021

## Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

### 1 Johdanto

Tässä asiakirjassa asetetaan erityistarkasteluvaatimukset kaikille Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville tyyppin D suuntaajakytketyille voimalaitoksille. Vaatimukset asetetaan Voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten erityistarkasteluvaatimusten perusteella (ks. VJV2018 luku 5).

Fingrid on selvittänyt vuoden 2020 aikana suuntaajakytkettyjen voimalaitosten alisynkronista vuorovaikutusta sarjakompensoidun verkon läheisyydessä. Tässä asiakirjassa alisynkronisella taajuudella tarkoitetaan 5 – 45 Hz välistä taajuusaluetta. Tehdyn selvityksen perusteella sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyvät suuntaajakytketyt voimalaitokset voivat joutua alisynkroniseen vuorovaikutukseen sarjakompensoidun verkon kanssa. Fingrid on julkaissut verkkosivuillaan teknisen selvityksen aiheesta englanniksi [1].

Vaimentumaton alisynkroninen vuorovaikutus voimalaitoksen ja sarjakompensoidun verkon välillä voi aiheuttaa merkittäviä alisynkronisia virtoja ja jännitteitä. Alisynkroninen vuorovaikutus tulee huomioida voimalaitoksen suunnittelussa ja toteutuksessa, jotta ilmiöstä ei aiheudu voimalaitokselle toistuvaa lyhytaikaista epäkäytettävyyttä suojauksen toimiessa tai merkittävää epäkäytettävyyttä laitteiden rikkoutuessa. Näiden vaatimusten tarkoituksena on:

- varmistaa voimalaitoksen suojaus haitallisia alisynkronisia virtoja ja jännitteitä vastaan,
- minimoida alisynkronisen vuorovaikutuksen riski siirtoverkon eri käyttötilanteissa ml. siirtokeskeytystilanteet sekä tyypilliset häiriö- ja vikatilanteet,
- varmistaa, että voimalaitoksesta on käytettävissä tarvittavat mallinnus- ja mittaustiedot.

Edellä mainitut toimenpiteet parantavat voimalaitoksien käytettävyyttä sekä ylläpitävät koko sähköjärjestelmän käyttövarmuutta ja häiriöttömyyttä.

Fingridin tekemässä selvityksessä [1] on tarkasteltu erityisesti tuulivoimalaitoksia. Liityntälaitteiston teknologia voi olla samanlainen myös muissa suuntaajakytketyissä voimantuotantomuodoissa, joten tämä vaatimus asetetaan kaikille tyyppin D suuntaajakytketyille voimalaitoksille, jotka liittyvät sarjakompensoidun verkon läheisyyteen.

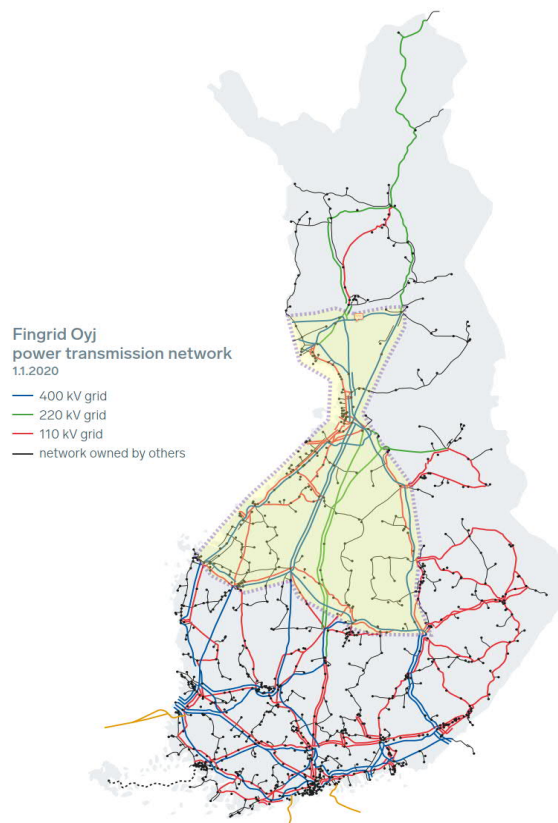
7.1.2021

## 2 Vaatimusten soveltamisala

Vaatimukset on porrastettu kahteen tasoon seuraavasti:

### 1. Suojausvaatimukset

- Suojausvaatimukset alisynkronista vuorovaikutusta vastaan asetetaan kaikille Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville tyypin D suuntaajakytketyille voimalaitoksille. Vaatimukset ovat voimassa, mikäli voimalaitoksen liittymispiste tai voimalaitoksen liityntäverkon liittymispiste sijaitsevat kuvassa 1 keltaisella merkityllä alueella.



*Kuva 1. Vaatimukset ovat voimassa, mikäli voimalaitoksen liittymispiste tai voimalaitoksen liityntäverkon liittymispiste sijaitsevat kuvassa 1 keltaisella merkityllä alueella.*

### 2. Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset

- Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset asetetaan kaikille Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville tyypin D suuntaajakytketyille voimalaitoksille, joiden mitoitusteho yli 60 MW. Vaatimukset ovat voimassa, mikäli voimalaitoksen liittymispiste tai voimalaitoksen liityntäverkon liittymispiste sijaitsevat kuvassa 1 keltaisella merkityllä alueella.

7.1.2021

### 3 Vaatimukset

#### 3.1 Suojausvaatimukset

Voimalaitos tulee suojata voimalaitoksen ja sarjakompensoidun verkon välille mahdollisesti syntyvältä alisykroniselta vuorovaikutukselta, jotta laiterikoilta vältytään. Suojaus on toteutettava ensisijaisesti jokaiseen voimalaitoksen suuntaajakytkettyyn yksikköön (esimerkiksi tuuliturbiiniin). Erillistä suojausfunktiota alisykronista vuorovaikutusta vastaan ei tarvita, mikäli suuntaajakytketyn yksikön valmistaja takaa suojauksen (esim. ylivirta ja ylijännitesuojaukset) toiminnan vuorovaikutustilanteissa. Tällöin on varmistuttava, ettei suojauksen mittaussuunnitelma keskiarvoista tai suodata mittaussignaalia niin, että alisykroninen virta- tai jännitekomponentti jää huomioimatta. Toisin sanoen suojauksen tulee perustua jännitteen ja virran hetkellisarvomittauksiin.

Suojauksen toiminta tulee todentaa tehdaskokeissa tai vastaavissa testiolosuhteissa tuotetulla tyyppitestausraportilla.

#### 3.2 Mallinnusvaatimukset

Liittymän tulee toimittaa simulointimalli ja laskentatulokset Fingridille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, vähintään 6 kk ennen voimalaitoksen suunniteltua käyttöönottoa.

##### 3.2.1 Vaatimukset simulointimallille

Voimalaitoksesta tulee toimittaa PSCAD-malli, joka sisältää projektikohtaiset voimalaitoksen ohjaus- ja suojausjärjestelmät. Mallin tulee olla niin yksityiskohtainen, että se kykenee toistamaan voimalaitoksen todenmukaisen toiminnan alisykronisella taajuuskaistalla. Malli voidaan toimittaa skaalattavana aggregoituna mallina.

Mallinnuksen tulee kattaa voimalaitoksen toteutus seuraavassa laajuudessa:

- Puistosäätäjän malli, sisältäen puiston ohjaus- ja säätöjärjestelmä.
- Turbiinimallit, sisältäen turbiinien ohjaus- ja suojausjärjestelmät.
- Voimalaitoksen sisäinen sähköverkko sisältäen päämuuntajan, turbiinimuuntajat, sekä edellä mainittujen väliset kaapeloinnit aggregoituna komponenttina.
- Voimalaitoksen liittymispisteen ja päämuuntajan välinen sähköverkko.
- Mahdolliset mekaanisesti kytkettävät kondensaattorit (MSC) tai reaktorit (MSR) sekä näiden ohjauslogiikka.

Fingrid toimittaa mallinnusta varten liittymispisteen oikosulkuvirrat ja -impedanssit.

##### 3.2.2 Vaaditut mallinnustarkastelut

Voimalaitoksen PSCAD-mallilla tulee suorittaa dynaaminen impedanssiskannaus, joka kuvaa voimalaitoksen taajuusvastetta alisykronisella taajuuskaistalla. Impedanssiskannausta tehtäessä voimalaitoksen jännitteensäätö tulee olla kytkettynä

7.1.2021

päälle ja viritettynä vaatimusten mukaisesti. Skannaus tulee tehdä PQ-diagrammin viidessä eri toimintapisteessä maksimi- ja minimoikosulkutehotasoilla:

1.  $P = P_{max}; Q = 0,33 [Q/P_{max}]$
2.  $P = P_{max}; Q = -0,33 [Q/P_{max}]$
3.  $P = P_{min}; Q = Q_{max}$
4.  $P = P_{min}; Q = Q_{min}$
5.  $P = P_{min}; Q = 0 [pu]$

### 3.3 Vaimennustarkastelu ja vaatimukset

Fingrid arvioi voimalaitoksen ja verkkokomponenttien välistä alisynkronista vuorovaikutusriskiä liittyjän toimittaman PSCAD-mallin ja impedanssiskannauksen avulla (luku 3.2). Riskiarviossa verrataan liittyjän suorittaman impedanssiskannauksen tuloksia Fingridin suorittaman sähköverkon impedanssiskannauksen tuloksia vasten. Vertailu tehdään nykytilanteen sekä tulevaisuuden sähköverkon mallilla erilaisissa käyttö- ja keskeytystilanteissa (N-0, N-1 ja N-2 tilanteet).

Mikäli arvioinnin perusteella havaitaan, että voimalaitos voi joutua alisynkroniseen vuorovaikutukseen yhdellä tai useammalla taajuusalueella, vaaditaan voimalaitoksen säädön uudelleenviritys niin, että vuorovaikutusriski saadaan minimoitua. Uudelleenvirityksen jälkeen liittyjän tulee toimittaa päivitetty impedanssiprofiilit sekä PSCAD-malli Fingridille. Toimitettujen tietojen perusteella Fingrid uudelleen arvioi voimalaitoksen alisynkronista vuorovaikutusriskiä.

Vaimentumattomasta alisynkronisesta vuorovaikutuksesta, tavanomaisissa käyttö- ja keskeytystilanteissa, aiheutuu voimalaitokselle toistuvaa lyhytaikaista epäkäytettävyyttä suojauksen toimiessa tai merkittävää epäkäytettävyyttä laitteiden rikkoutuessa. Mikäli alisynkronista vuorovaikutusta ei saada vaimennettua voimalaitoksen säädön vaimennuspiirin virittämisellä, tulee riittävä vaimennus saavuttaa voimalaitoksen teknistä suunnittelua muuttamalla tai täydentämällä.

### 3.4 Instrumentointivaatimukset

Voimalaitos tulee varustaa jatkuva-aikaisella mittauksella, joka täyttää seuraavat vaatimukset:

- Mittalaitteen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen, tai sitä lähinnä olevan voimalaitoksen päämuuntajan yläjännitepuolen, jännitteet ja virrat hetkellisarvoina vaihteittain.
- Mittalaitteen näytteistys- ja tallennustaajuuden tulee olla vähintään 1kHz.
- Mittaustietoja tulee säilyttää vähintään 60 vuorokautta.

Vaihtoehtoisesti jatkuva-aikaisen mittauksen sijaan voidaan käyttää liipaistavaa mittausta, joka täyttää edellä mainittujen vaatimusten lisäksi seuraavat kriteerit:

7.1.2021

- Tallennusaika vikatapahtumaa ennen ja sen jälkeen on vähintään 30 + 30 sekuntia (engl. pre + post fault).
- Mittalaitteen tulee liipaista, kun:
  - jännitteen hetkellisarvo alittaa 0,95 tai ylittää 1,05 pu,
  - virran hetkellisarvo ylittää 1,10 pu,
  - suojarole toimii.

Lisäksi suositellaan toteutettavaksi mittaus, joka aiheuttaa hälytyksen alisynkronisen virran tason ylittäessä määritetyn asetteluarvon.

## Viitteet

[1] Subsynchronous Oscillation Risks of Wind Power Plants Connecting to Finnish Series Compensated Network  
(URL: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/subsynchronous-oscillation-risk-of-wpps-connecting-to-finnish-series-compensated-network-white-paper.pdf>)