



29.1.2021

Antti Kuusela

VJV-vaatimusten ajankohtaiset

Ajankohtaiswebinaari 29.1.2021

FINGRID

VJV ja voimalaitosten kaukokäyttö

- VJV2018 luku 10.4.1
 - Käytöstä vastaava toimija voi ohjata voimalaitosta kaukokäytöllä tai paikallisesti.
 - Voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan on muutettava voimalaitoksen pätö- tai loistehonsäädön toimintatilaa tai asetteluarvoa voimalaitosteknologian asettamissa rajoissa, jos Fingridin Kantaverkkokeskus tai liittymispisteen verkonhaltija sitä pyytää.
 - **Pyydetty muutos on saavutettava 15 minuutin kuluttua pyynnön antamisesta.**
 - Liittyjän vastuulla on ilmoittaa Fingridille ja liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan yhteystiedot, viimeistään kun voimalaitos aloittaa pätötehon syötön Suomen sähköjärjestelmään.
 - **Liittyjä vastaa siitä, että käytöstä vastaava toimija on tavoitettavissa 24 tuntia päivässä 7 päivänä viikossa.**

VJV2018 täydentävät ohjeistukset ja vaatimukset

- Tuulivoimalaitoksen tehonkorotuksen vaatimukset ja menettelytavat
- Voimalaitosten jännitteensäädön asetteluperiaatteet
 - Lisästabiloinnin viritysohje Suomen voimajärjestelmään liitettäville generaattoreille
- Voimalaitosten loistehokapasiteettivaatimus ja kytkettävä lisäkompensointi
- Voimalaitoksen pitkän liittymisjohdon loistehon hallinta
- Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- VJV2018 vaatimukset ja täydentävä materiaali on saatavilla Fingridin verkkosivuilta:
 - [Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset – Fingrid](https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/)

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



29.1.2021

Antti Kuusela

Tuulivoimalaitosten alisynkroninen vuorovaikutus ja erityistarkastelu- vaatimukset

Ajankohtaiswebinaari 29.1.2021

FINGRID

Esityksen sisältö

- Alisynkroninen vuorovaikutus ja ilmiön vaikutusalue
- Erityistarkasteluvaatimukset
- Vaatimusten voimaantulo

Alisynkroninen vuorovaikutus

- Fingrid on selvittänyt vuoden 2020 aikana suuntaajakytkettyjen voimalaitosten alisynkronista vuorovaikutusta sarjakompensoidun verkon läheisyydessä.
- Tehdyn selvityksen perusteella sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyvät suuntaajakytketyt tuulivoimalaitokset voivat joutua haitalliseen alisynkroniseen vuorovaikutukseen sarjakompensoidun verkon kanssa. Fingrid on julkaissut verkkosivuillaan teknisen selvityksen aiheesta englanniksi.
- Fingridin tekemässä selvityksessä on tarkasteltu erityisesti tuulivoimalaitoksia. Liityntälaitteiston teknologia voi olla samanlainen myös muissa suuntaajakytketyissä voimantuotantomuodoissa, joten erityistarkasteluvaatimus asetetaan kategorisesti kaikille suuntaajakytketyille voimalaitoksille, jotka liittyvät sarjakompensoidun verkon läheisyyteen.

FINGRID

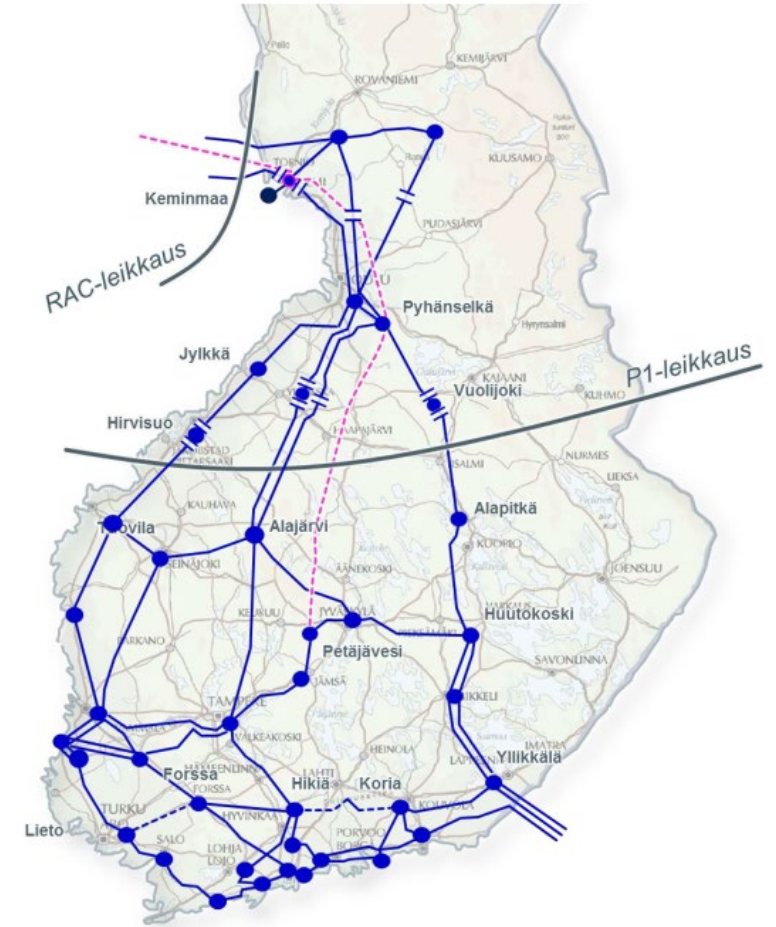
Subsynchronous Oscillation Risks of Wind Power Plants
Connecting to Finnish Series Compensated Network

8.10.2020



Alisynkroninen vuorovaikutus

- Suomessa 400 kV siirtoverkko on sarjakompensoitu pohjois-eteläsuuntaisilla (P1-leikkaus) sekä Suomen ja Ruotsin välisillä siirtoyhteisillä (RAC-leikkaus).
- Sarjakompensoidussa verkossa esiintyy resonanssipisteitä alisynkronisilla taajuuksilla
 - Alisynkroninen resonanssi esiintyy järjestelmän nimellistaajuuden (50 Hz) alapuolella taajuuskaistalla 5 – 45 Hz.
 - Kun tuulivoimalaitos liittyy sarjakompensoidun verkon läheisyyteen, riski resonanssiin on olemassa.



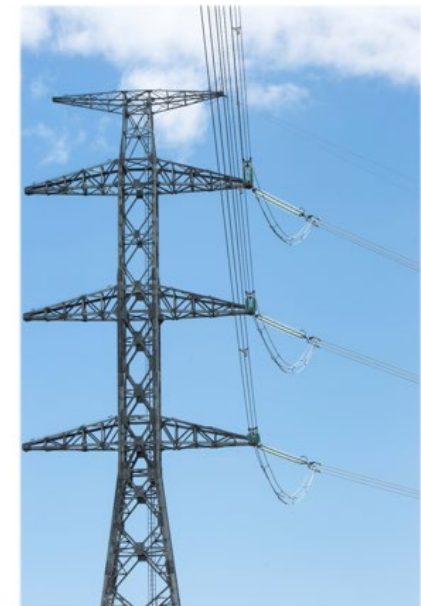
Alisynkroninen vuorovaikutus

- Resonanssi on vaimentumaton alisynkronisella taajuuskaistalla, jos resistanssi on negatiivinen järjestelmän resonanssitaajuudella tai lähellä resonanssitaajuutta ($X_L = X_C$).
- DFIG (tyyppi 3) voimalaitoksen epätahtikoneella on luontaisesti negatiivinen resistanssi alisynkronisilla taajuuksilla. Voimalaitoksen suuntaajan ohjauksella voidaan vaikuttaa tuulivoimalaitoksen vasteeseen ja vaimentaa aliharmonista resonanssia.
- Täyssuunnatun (tyyppi 4) voimalaitoksen vaste aliharmoniseen resonanssiin riippuu vain suuntaajan vasteesta resonanssiin.
- Alisynkroninen vuorovaikutus voi vaurioittaa tuulivoimalaitosta tai sarjakondensaattoria, mikäli ilmiötä ei havaita ja sitä vastaan ei suojauduta.

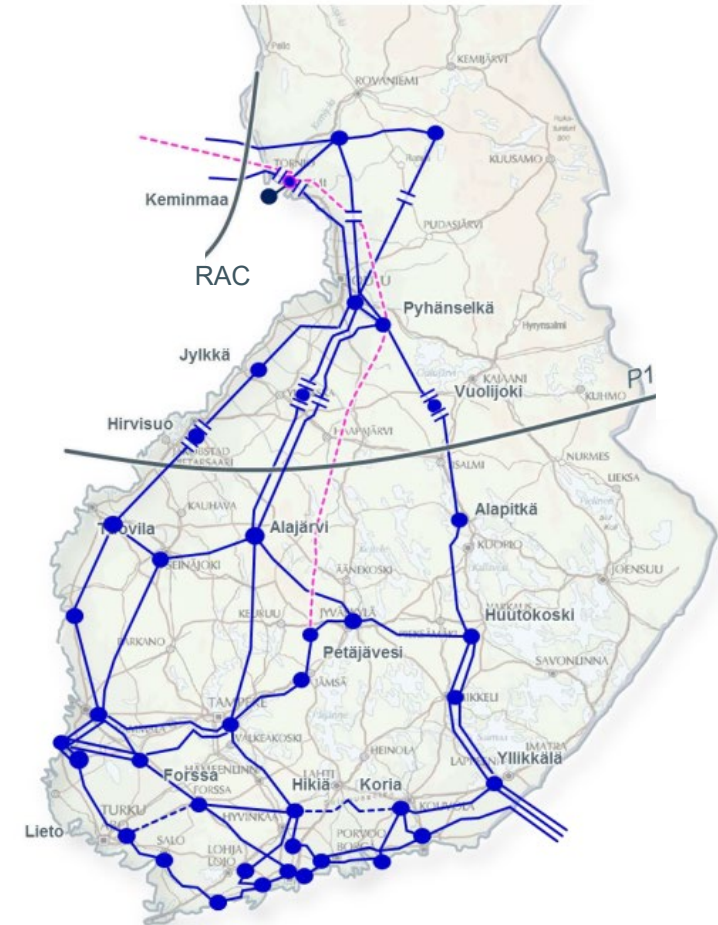
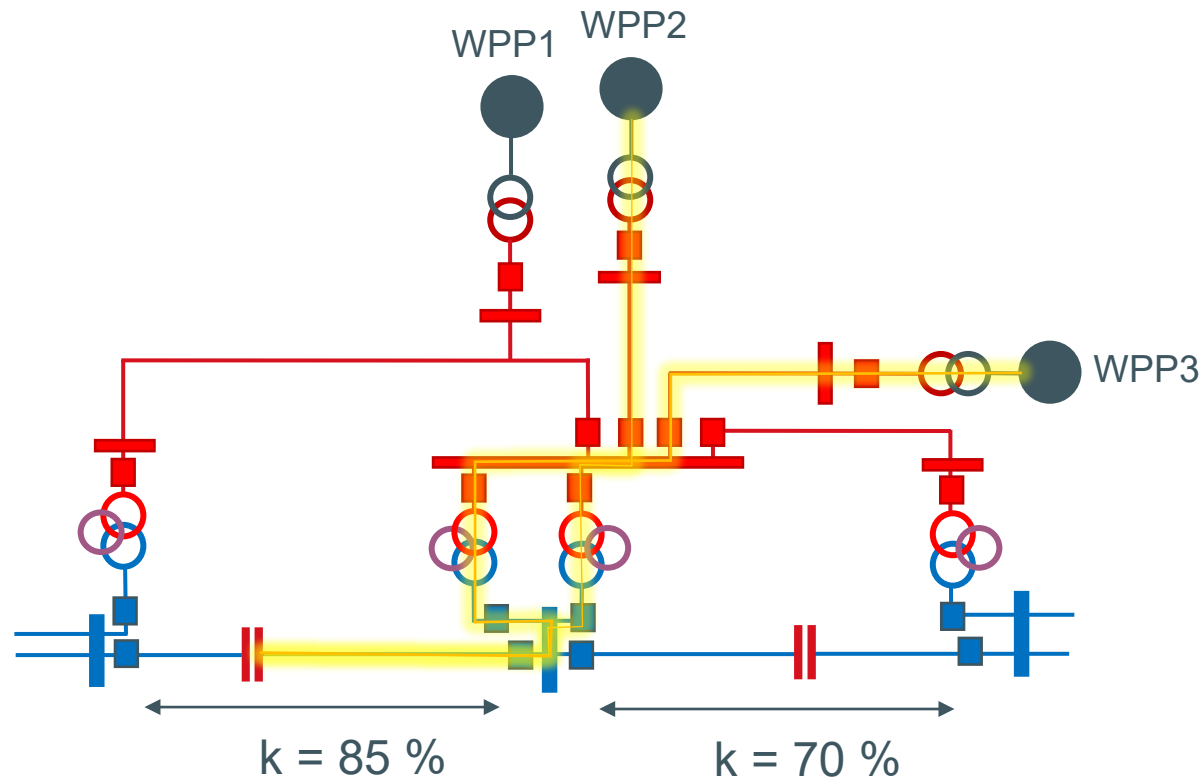
FINGRID

Subsynchronous Oscillation Risks of Wind Power Plants
Connecting to Finnish Series Compensated Network

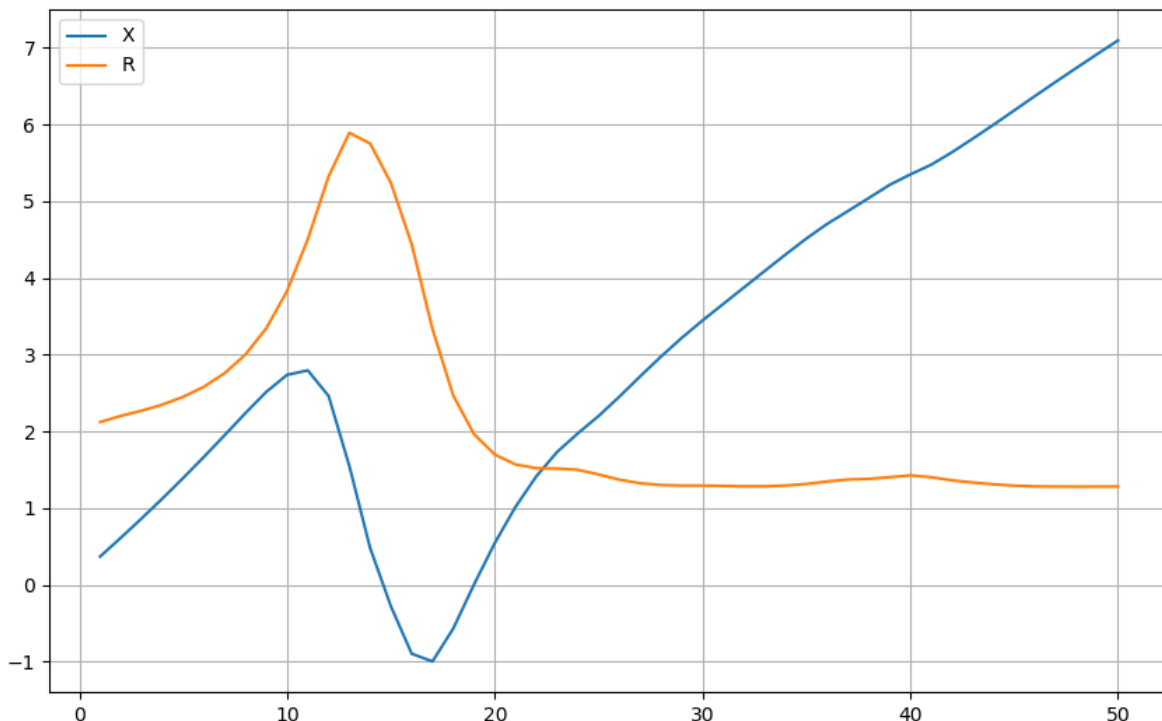
17.6.2020



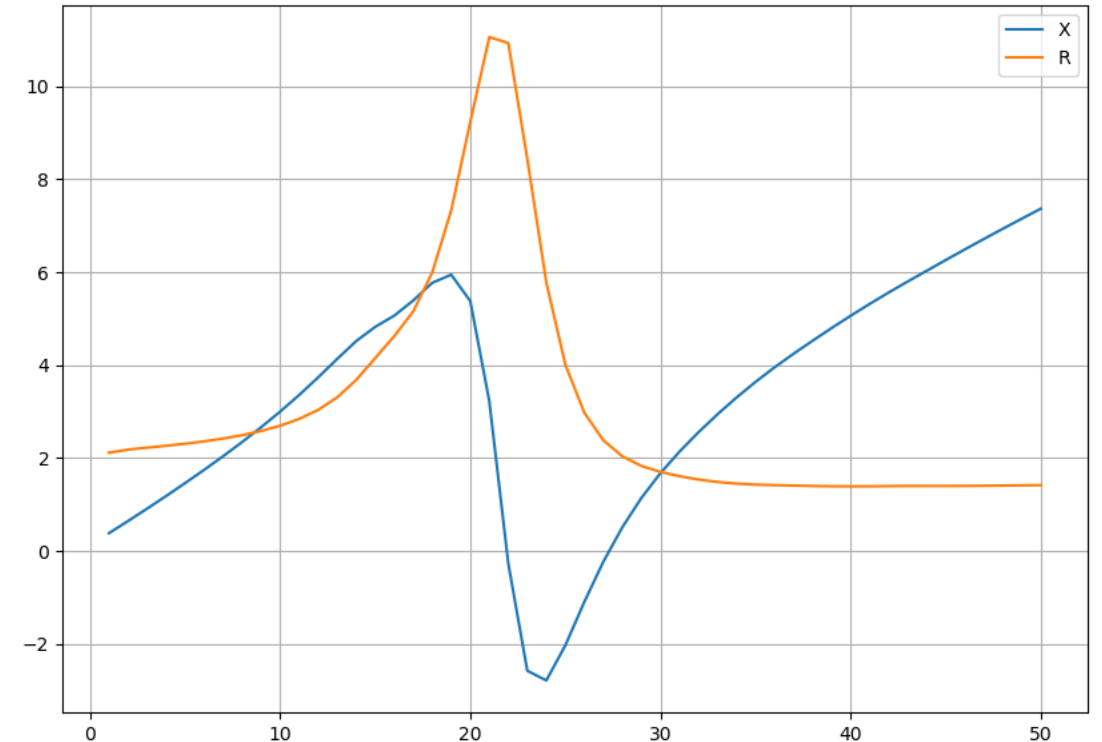
Sarjakompensoitu verkko ja alisynkroninen vuorovaikutus



Passiiviset taajuusskannaukset voimalaitoksen liityntäpisteestä



N-0 tilanne

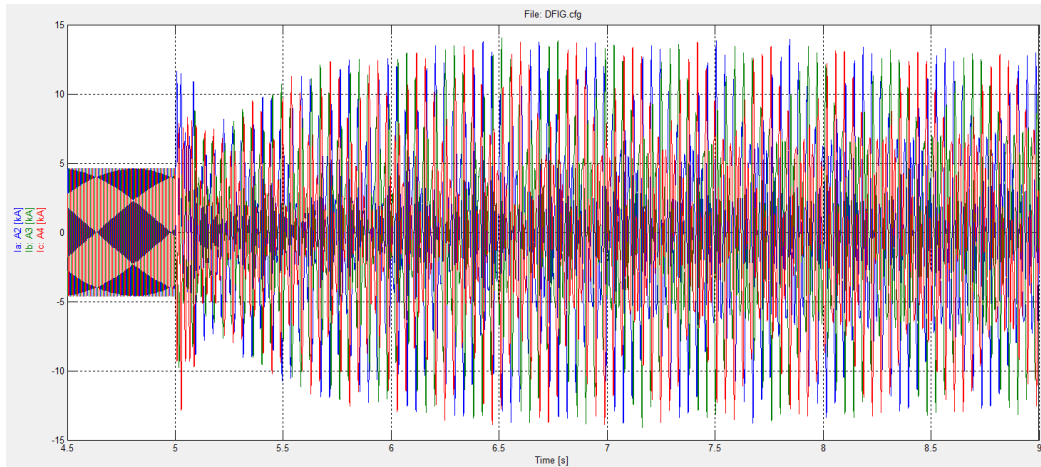


N-1 tilanne

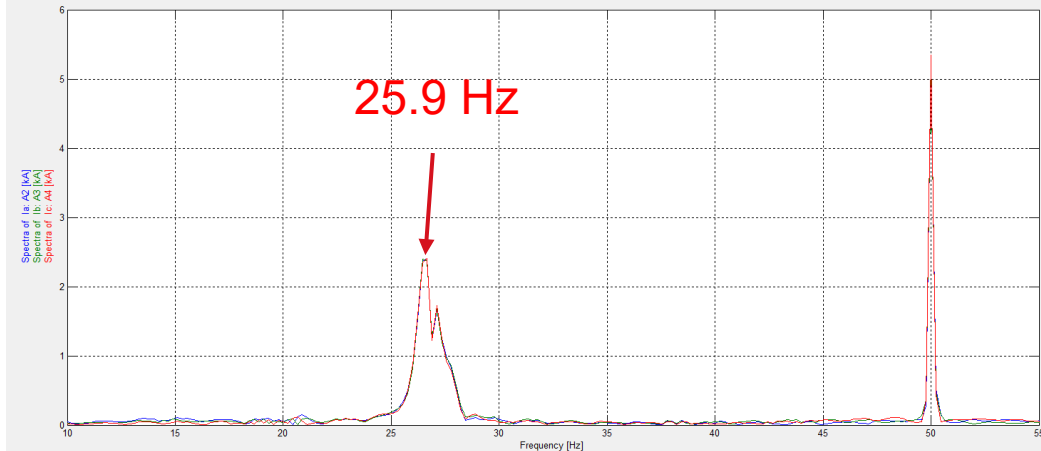
Esimerkki aikatason simulaatiosta yleisellä tuulivoimalaitoksen mallilla (DFIG)

2 x 250MW DFIG

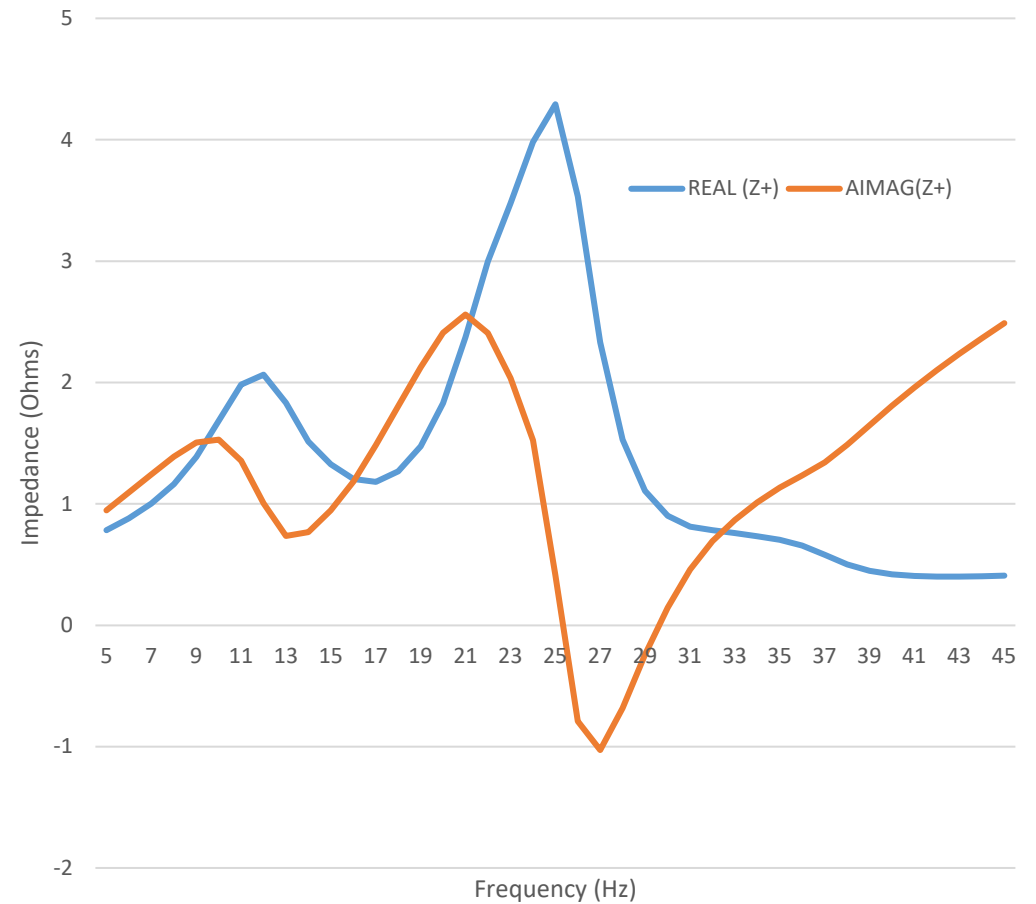
DFIG output current (110kV)



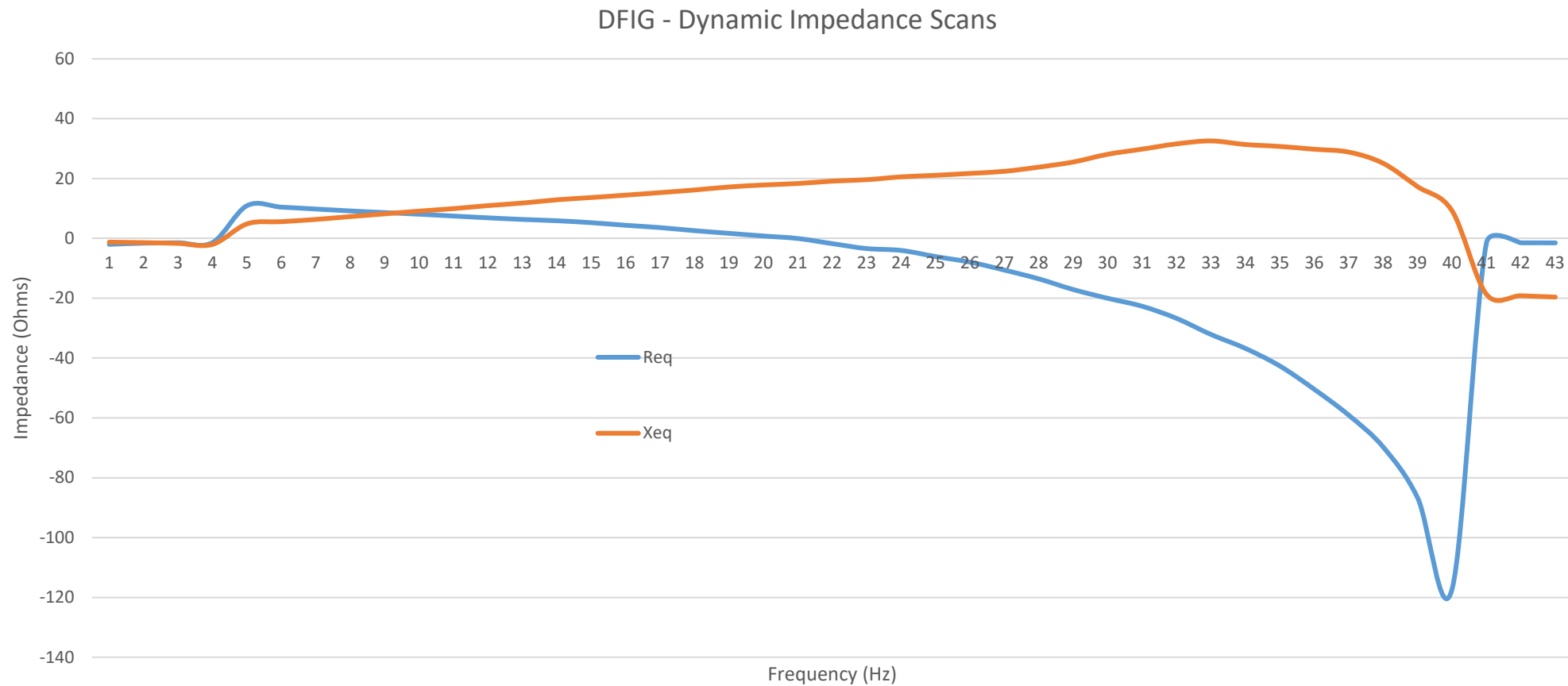
FFT of DFIG output current



Harmonic impedance scan from WPP 110kV connection point



DFIG (type 3) dynaaminen impedanssiskannaus

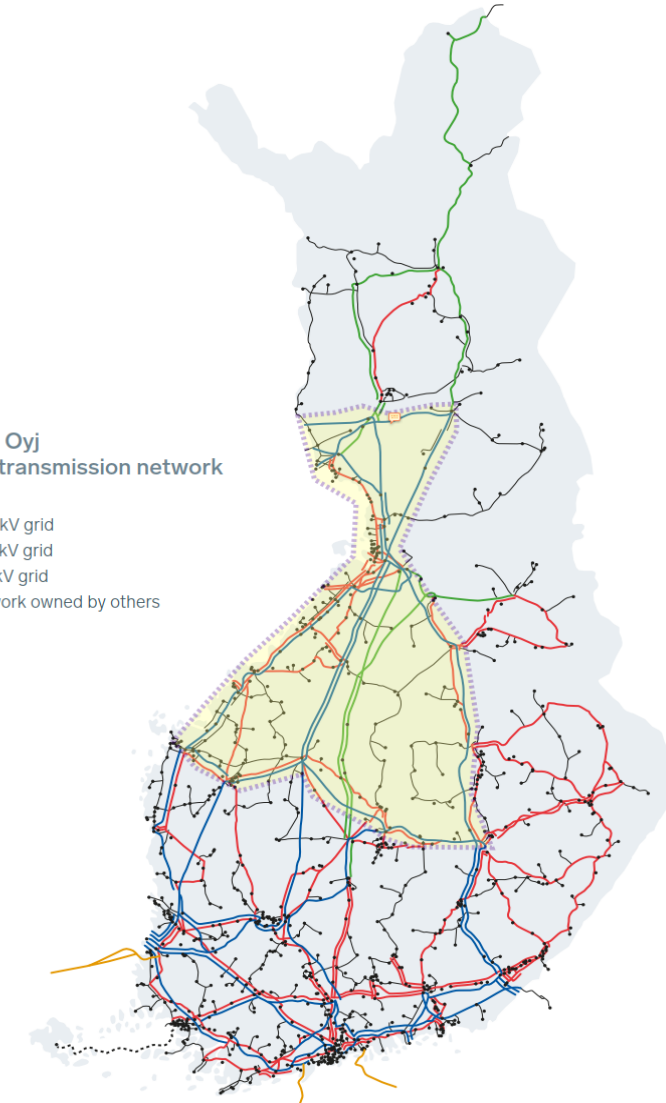


Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- Vaatimukset asetetaan Voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten erityistarkasteluvaatimusten perusteella (ks. VJV2018 luku 5)
- Vaatimukset on porrastettu kahteen tasoon:
 1. Suojausvaatimukset
 2. Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset

Fingrid Oyj
power transmission network
1.1.2020

— 400 kV grid
— 220 kV grid
— 110 kV grid
— network owned by others



Vaatimusten tarkoitus

- 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:

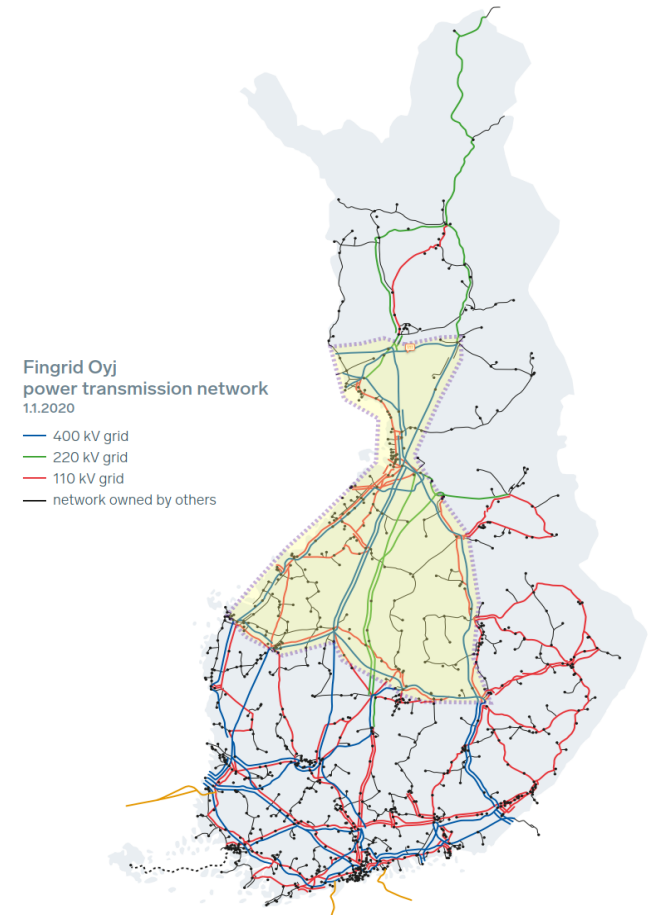
- varmistaa voimalaitoksen suojaus haitallisia alisynkronisia virtoja ja jännitteitä vastaan,
- minimoida alisynkronisen vuorovaikutuksen riski siirtoverkon eri käyttötilanteissa ml. siirtokeskeytystilanteet sekä tyypilliset häiriö- ja vikatilanteet,
- varmistaa, että voimalaitoksesta on käytettävissä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

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

Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

1. Suojausvaatimukset

- Suojausvaatimukset aliharmonista 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 esitetyllä alueella (keltainen alue).
- Suojauksen tulee perustua jännitteen ja virran hetkellisarvomittauksiin. Suojauksen mittaus ei saa keskiarvoistaa tai suodattaa mittaussignaalia niin, että alisykroninen vaikutus jää huomiotta.



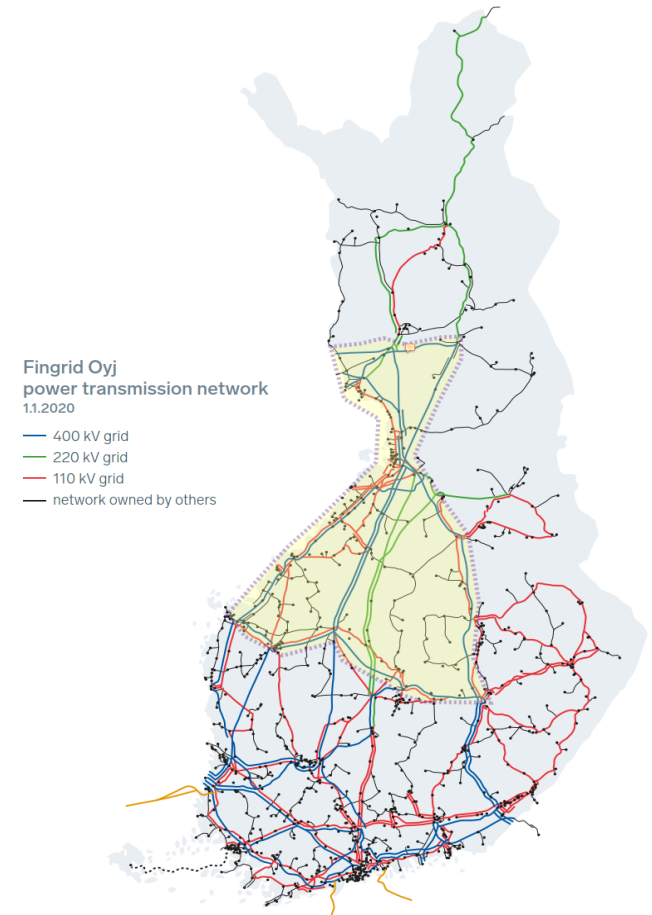
Suojausvaatimukset

- Voimalaitos tulee suojata voimalaitoksen ja sarjakompensoidun verkon välille mahdollisesti syntyvältä alisynkroniselta vuorovaikutukselta, jotta laiterikoilta vältytään.
- Suojaus on toteutettava ensisijaisesti jokaiseen voimalaitoksen suuntaajakytkettyyn yksikköön (esimerkiksi tuuliturbiiniin).
- Erillistä suojausfunktiota alisynkronista vuorovaikutusta vastaan ei tarvita, mikäli suuntaajakytketyn yksikön valmistaja takaa suojauksen (esim. ylivirta ja ylijännitesuojaukset) toiminnan vuorovaikutustilanteissa.
 - Suojauksen mittausjärjestelmä ei saa keskiarvoistaa tai suodattaa mittaussignaalia niin, että alisynkroninen virta- tai jännitekomponentti jää huomioimatta. Toisin sanoen suojauksen tulee perustua jännitteen ja virran hetkellisarvomittauksiin.
- Suojauksen toiminta tulee todentaa tehdaskokeissa tai vastaavissa testiolosuhteissa tuotetulla tyyppitestausraportilla.

Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

2. Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset

- Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset 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 esitetyllä alueella (keltainen alue).



Mallinnusvaatimukset

- Voimalaitoksesta tulee toimittaa PSCAD-malli, joka sisältää projektikohtaiset voimalaitoksen ohjaus- ja suojausjärjestelmät. 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.

Vaaditut mallinnustarkastelut

- Voimalaitoksen PSCAD-mallilla tulee suorittaa dynaaminen impedanssiskannaus, joka kuvaa voimalaitoksen taajuusvastetta alisykronisella taajuuskaistalla. Impedanssiskannausta tehtäessä voimalaitoksen jännitteensäätö tulee olla kytkettynä 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. $P = P_{\min}$; $Q = 0 [pu]$
- Liittyjän tulee toimittaa simulointimalli ja laskentatulokset Fingridille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, vähintään 6 kk ennen voimalaitoksen suunniteltua käyttöönottoa.

Vaimennustarkastelu ja vaatimukset

- Fingrid arvioi voimalaitoksen ja verkkokomponenttien välistä alisynkronista vuorovaikutusriskiä liittäjän toimittaman PSCAD-mallin ja impedanssiskannauksen avulla.
 - Riskiarviossa verrataan liittäjän 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, vaaditaan voimalaitoksen säädön uudelleenviritys niin, että vuorovaikutusriski saadaan minimoitua.
 - Uudelleenvirityksen jälkeen liittäjän tulee toimittaa päivitetyt impedanssiprofiilit sekä PSCAD-malli Fingridille. Toimitettujen tietojen perusteella Fingrid uudelleen arvioi voimalaitoksen alisynkronista vuorovaikutusriskiä.
- Mikäli alisynkronista vuorovaikutusta ei saada vaimennettua voimalaitoksen säädön vaimennuspiirin virittämisellä, tulee riittävä vaimennus saavuttaa voimalaitoksen teknistä suunnittelua muuttamalla tai täydentämällä.

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 vaiheittain.
 - Mittalaitteen näytteistys- ja tallennustaajuuden tulee olla vähintään 1kHz.
 - Mittaustietoja tulee säilyttää vähintään 60 vuorokautta.

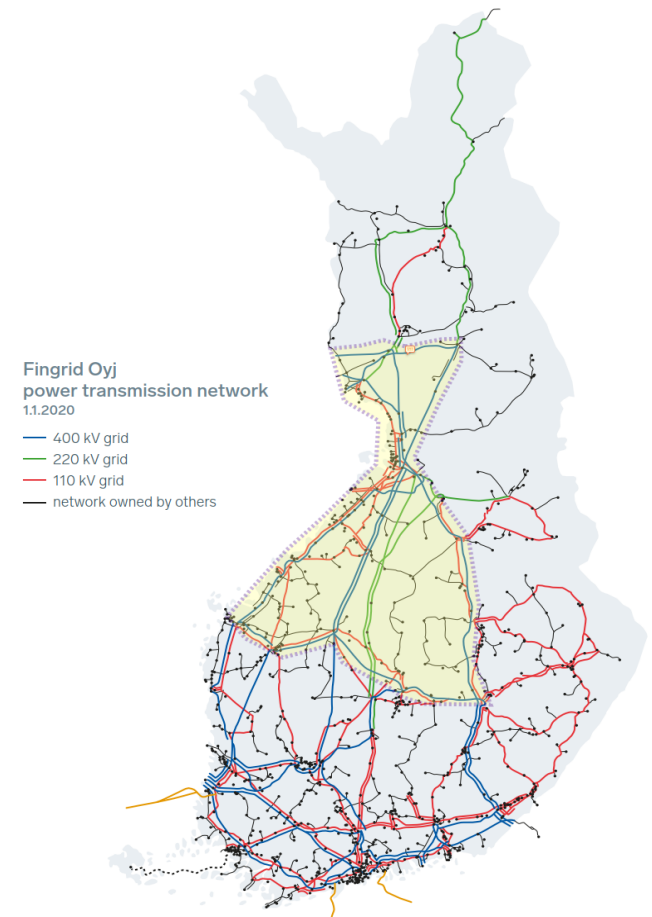
Instrumentointivaatimukset

- Vaihtoehtoisesti jatkuva-aikaisen mittauksen sijaan voidaan käyttää liipaistavaa mittausta, joka täyttää edellä mainittujen vaatimusten lisäksi seuraavat kriteerit:
 - 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,
 - suojariele toimii.
- Lisäksi suositellaan toteutettavaksi mittaus, joka aiheuttaa hälytyksen alisynkronisen virran tason ylittäessä määritetyn asetteluarvon.

Vaatimusten voimaantulo

- Vaatimukset ovat voimassa ja ne on julkaistu 7.1.2021 Fingridin verkkosivuilla
- Fingrid suosittelee huomioimaan suojausvaatimukset alisykronista värähtelyä vastaan, myös niissä hankkeissa jotka eivät ole tämän vaatimusten alaisia.
- Vaatimukset ovat saatavilla suomeksi ja englanniksi:
- <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarmasahkonsiirto/erityistarkasteluvaatimukset-suuntaajakytketyille-voimalaitoksille.pdf>
- <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/en/customers/grid-connection/specific-study-requirements-for-power-park-modules-connected-in-vicinity-of.pdf>

www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/voimalaitosten-jarjestelmatekniset-vaatimukset/





29.1.2021

Antti Kuusela

Muut ajankohtaiset

Ajankohtaiswebinaari 29.1.2021

FINGRID

Kantaverkkopalveluiden henkilöstömuutoksia

- Antti Kuusela siirtyy Fingridissä uuteen tehtävään 1.3. alkaen.
- Lasse Linnamaa aloittaa Fingridissä 15.2. ja on jatkossa yhteyshenkilö Kantaverkkopalveluiden voimalaitosasioissa.

Kiitos!

Fingrid Oyj

Läkkisepäntie 21

00620 Helsinki

PL 530, 00101 Helsinki

Puh. 030 395 5000

Fax. 030 395 5196

www.fingrid.fi



FINGRID