



15.10.2020

Antti Kuusela

Tuulivoimalaitosten aliharmoninen vuorovaikutus ja erityistarkastelu- vaatimukset

Ajankohtaiswebinaari 15.10.2020

FINGRID

Esityksen sisältö

- Aliharmoninen vuorovaikutus ja ilmiön vaikutusalue
- Asetettavat vaatimukset
- Vaatimusten voimaantulo

Aliharmoninen vuorovaikutus

- Fingrid on selvittänyt vuoden 2020 aikana suuntaajakytkettyjen voimalaitosten aliharmonista vuorovaikutusta sarjakompensoidun verkon läheisyydessä.
- Tehdyn selvityksen perusteella sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyvät suuntaajakytketyt tuulivoimalaitokset voivat joutua haitalliseen aliharmoniseen 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 vaatimus asetetaan kategorisesti kaikille suuntaajakytketyille voimalaitoksille, jotka liittyvät sarjakompensoidun verkon läheisyyteen.

FINGRID

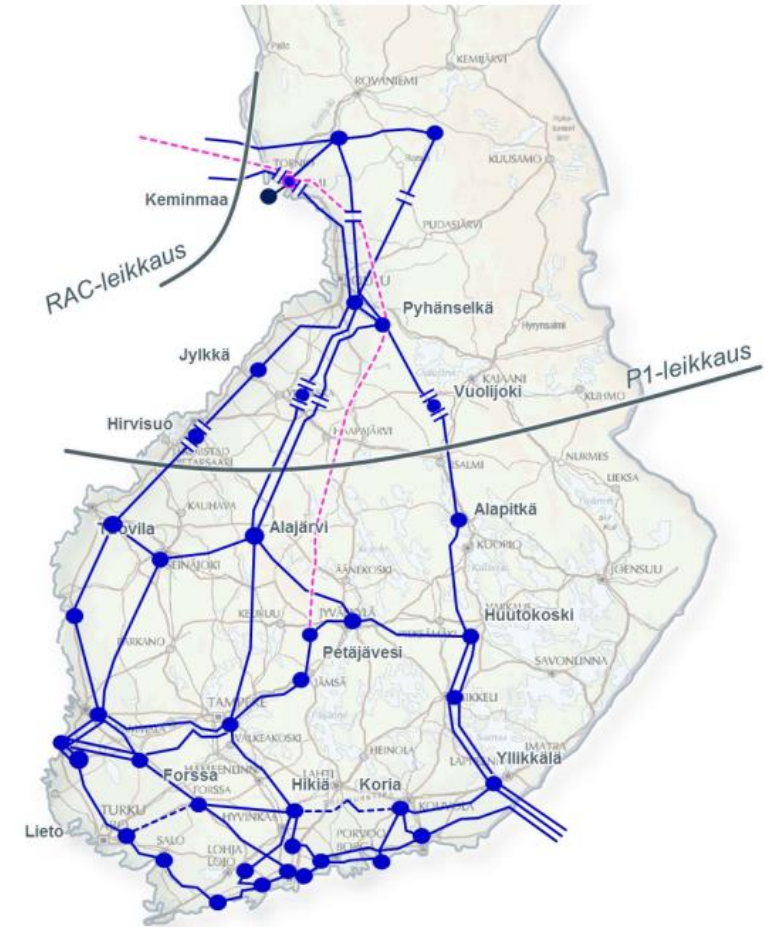
Subsynchronous Oscillation Risks of Wind Power Plants
Connecting to Finnish Series Compensated Network

8.10.2020



Aliharmoninen vuorovaikutus

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



Aliharmoninen vuorovaikutus

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

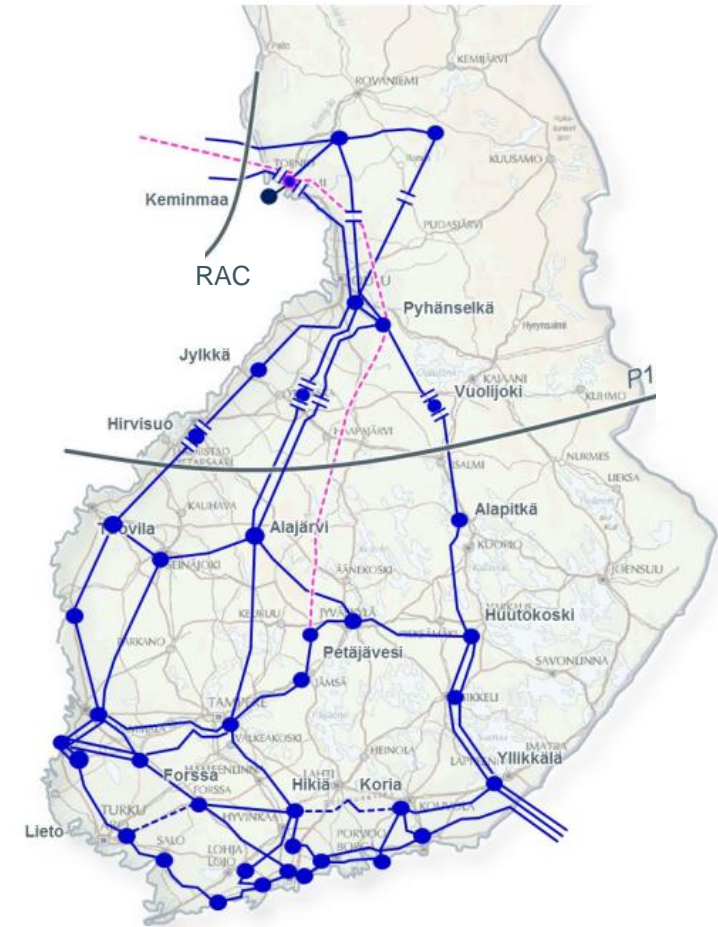
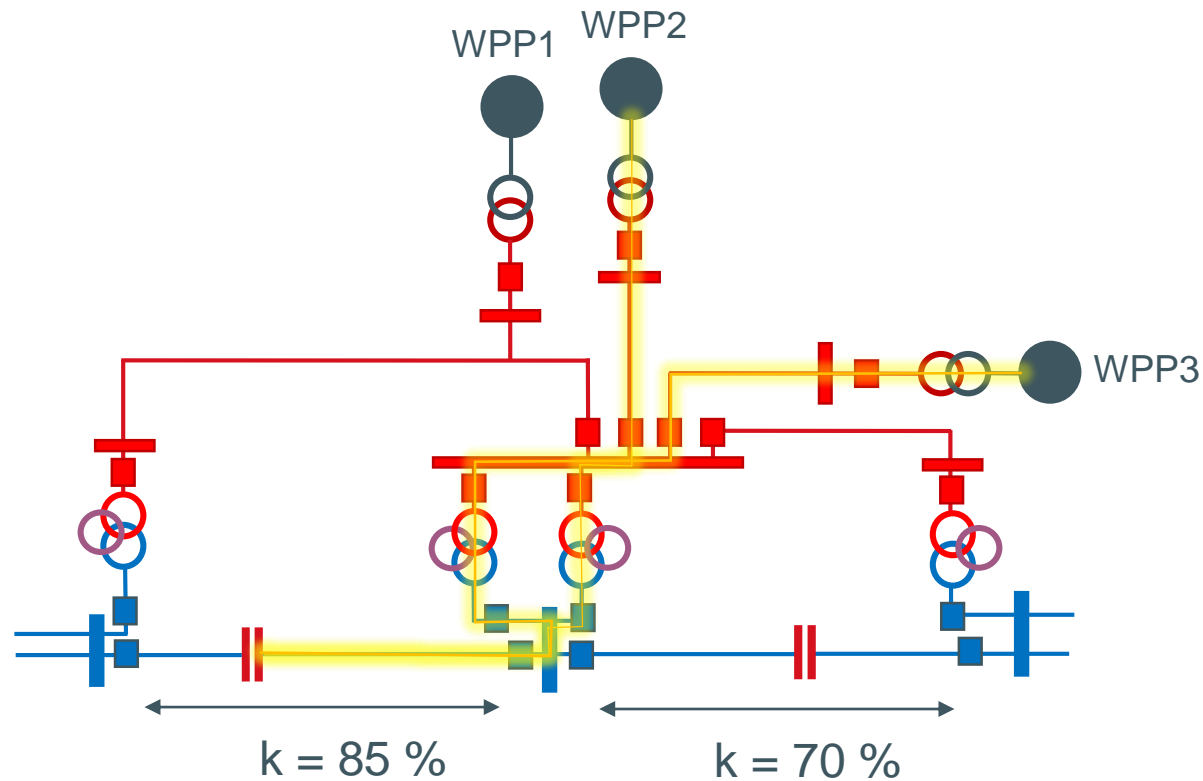
FINGRID

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

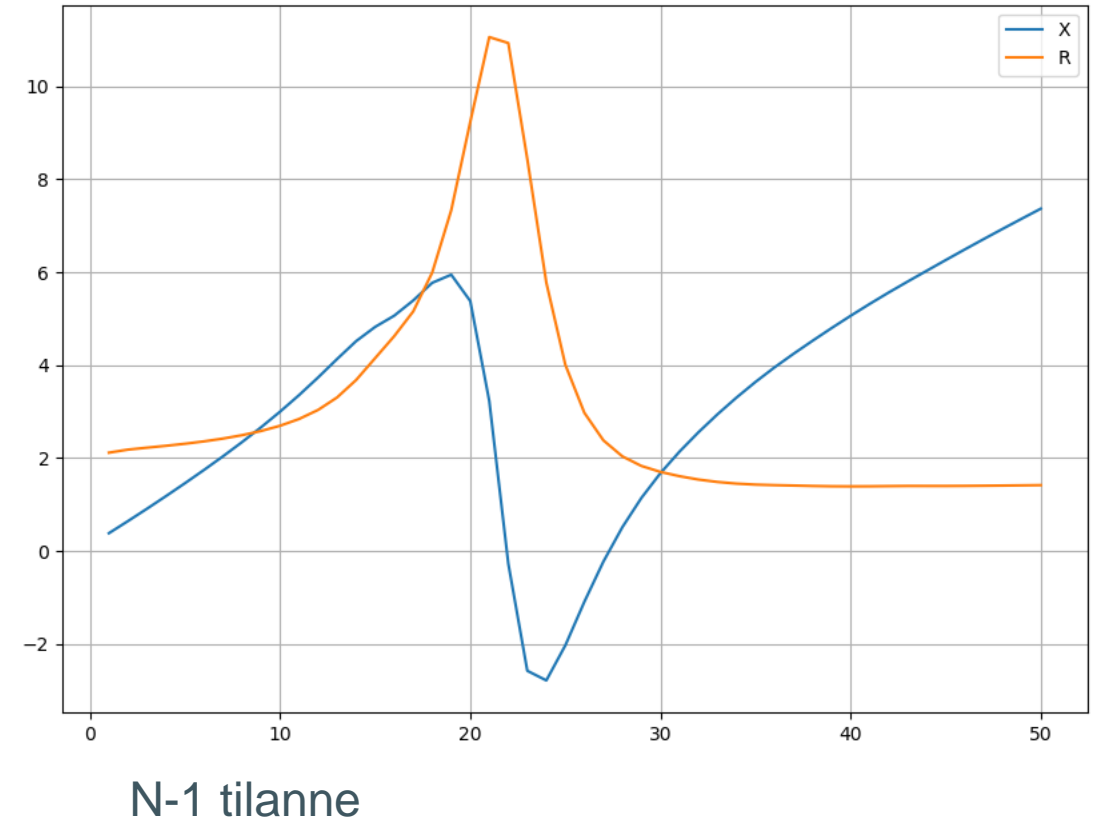
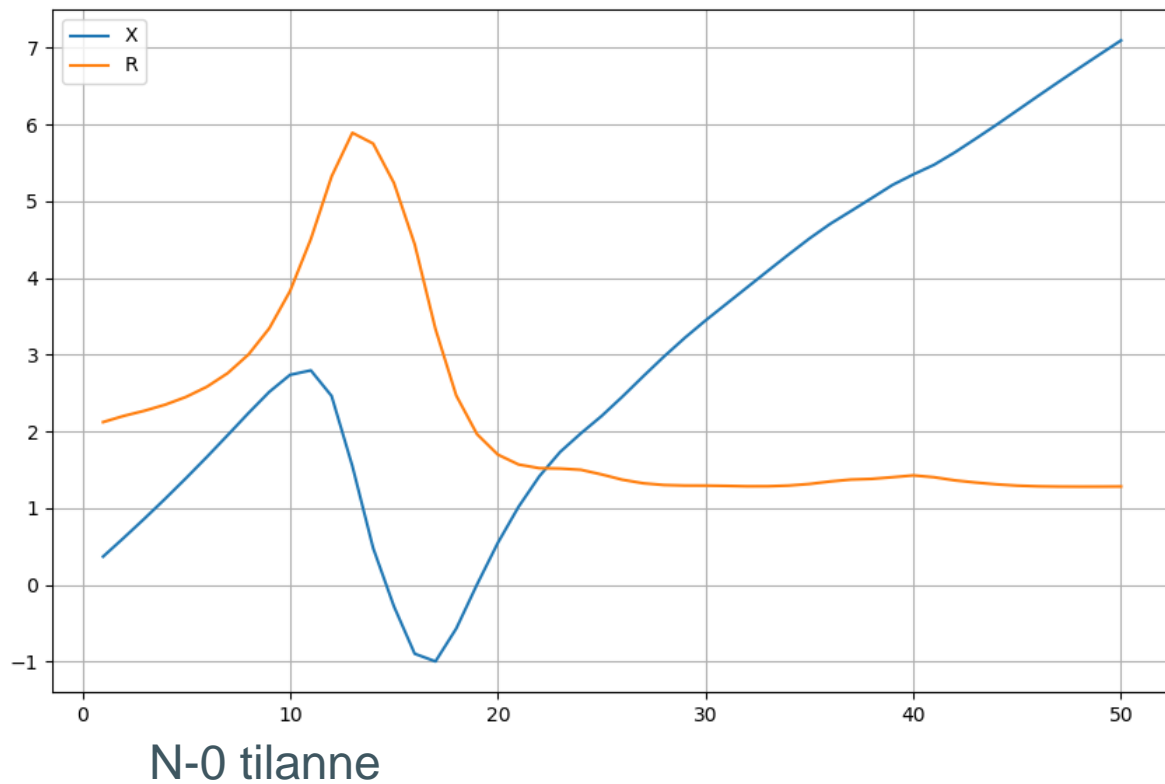
17.6.2020



Sarjakompensoitu verkko ja aliharmoninen vuorovaikutus



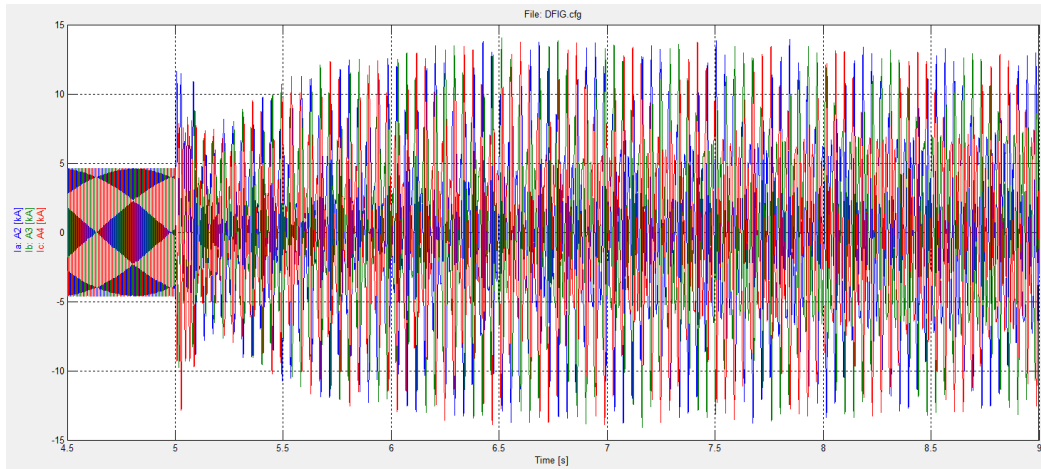
Passiiviset taajuusskannaukset voimalaitoksen liityntäpisteestä



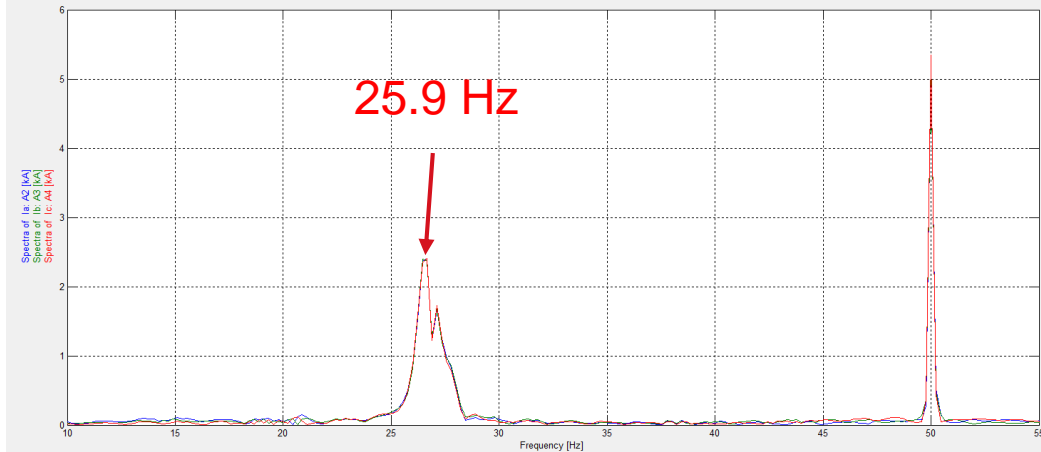
Esimerkki aikatason simulaatiosta yleisellä tuulivoimalaitoksen mallilla (DFIG)

2 x 250MW DFIG

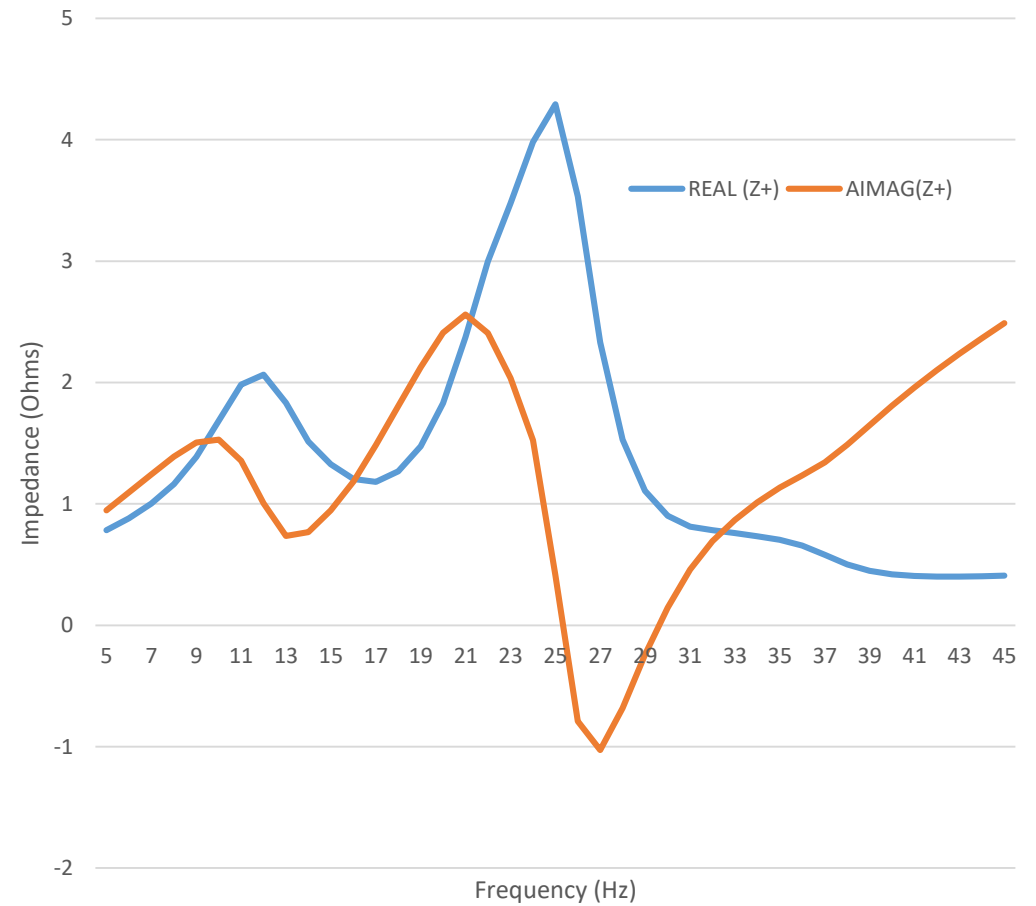
DFIG output current (110kV)



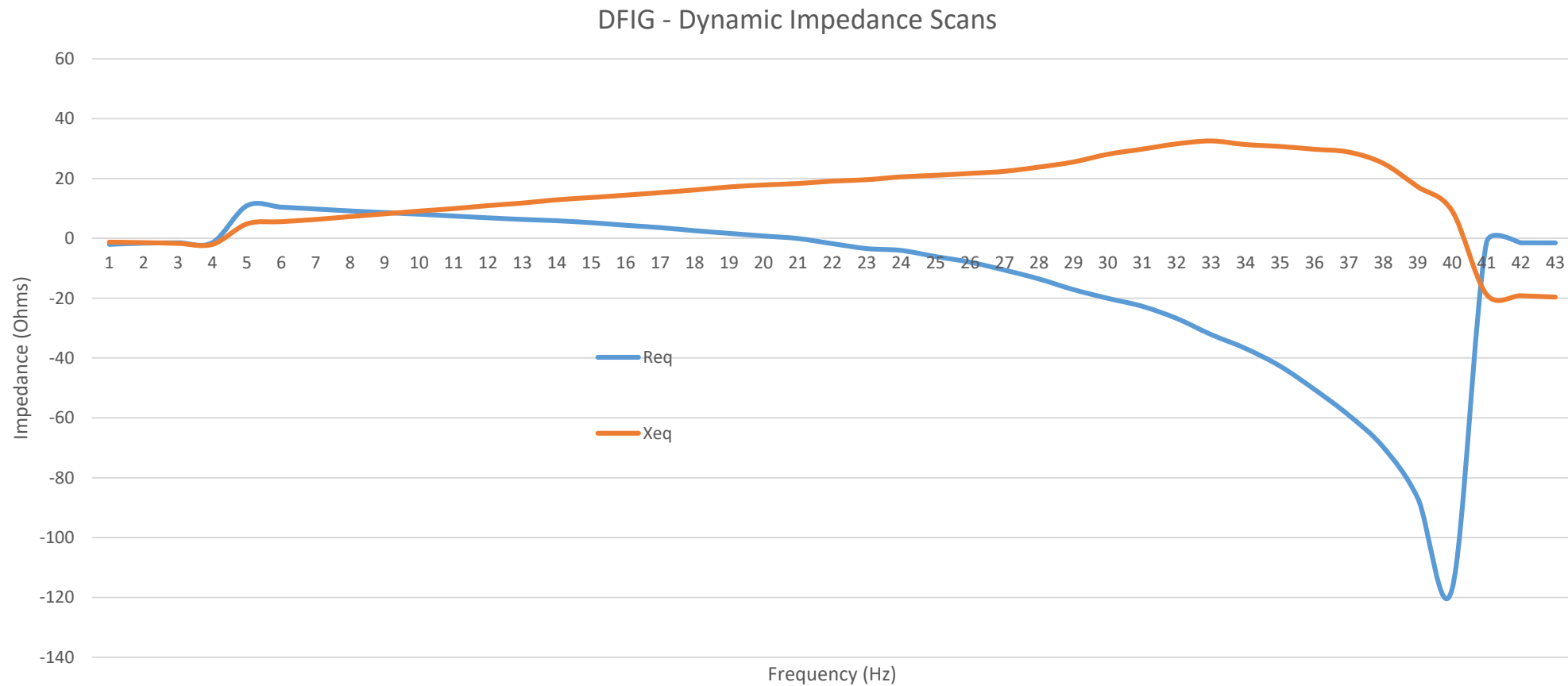
FFT of DFIG output current



Harmonic impedance scan from WPP 110kV connection point



DFIG (type 3) dynaaminen impedanssiskannaus

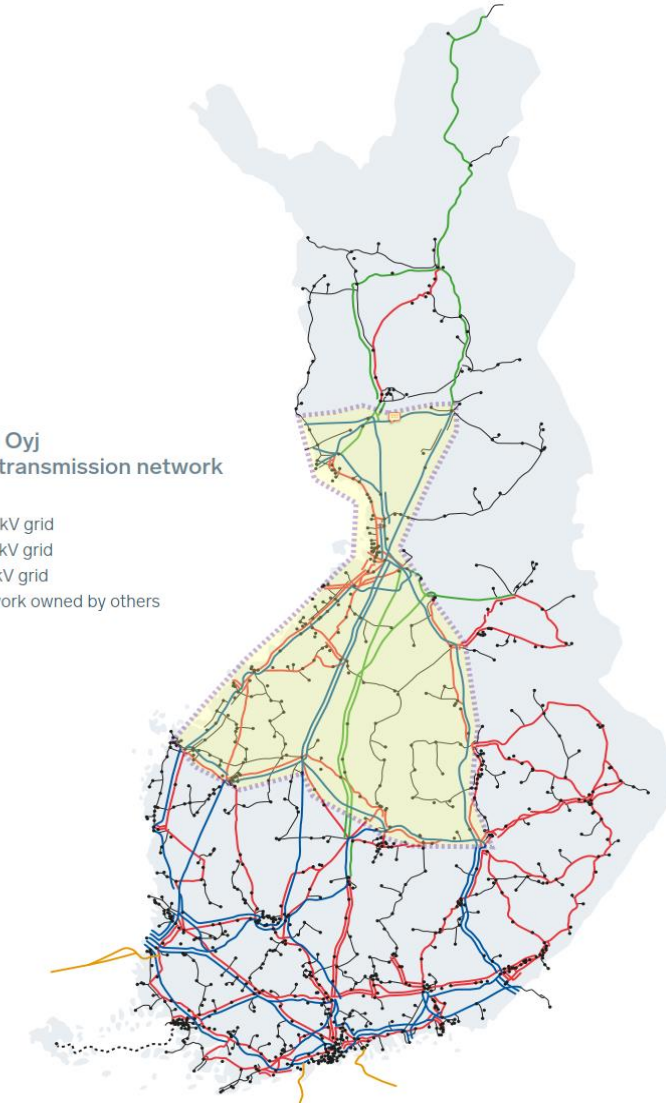


Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- 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

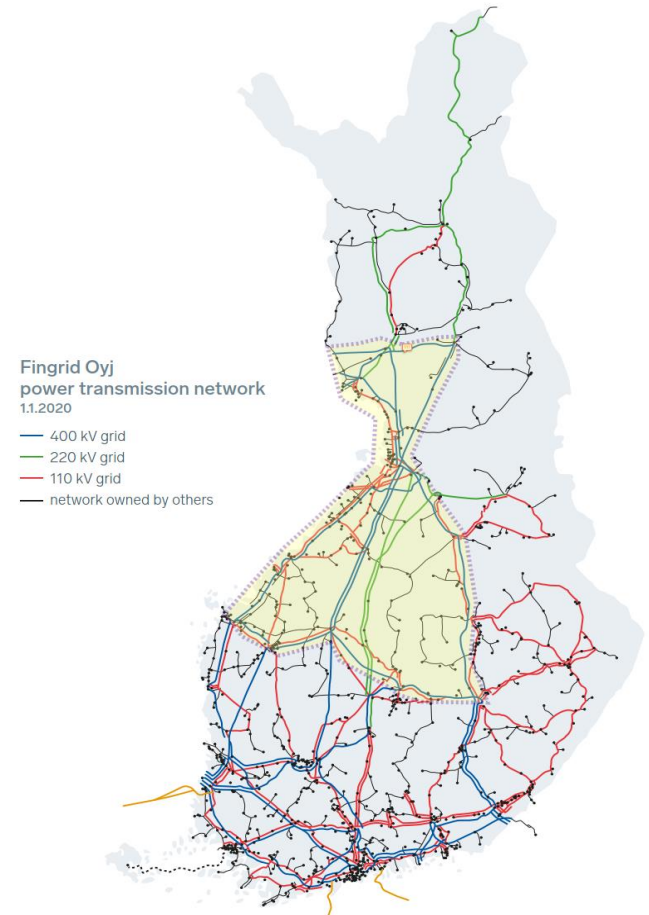
— 400 kV grid
— 220 kV grid
— 110 kV grid
— network owned by others



Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

1. Suojausvaatimukset

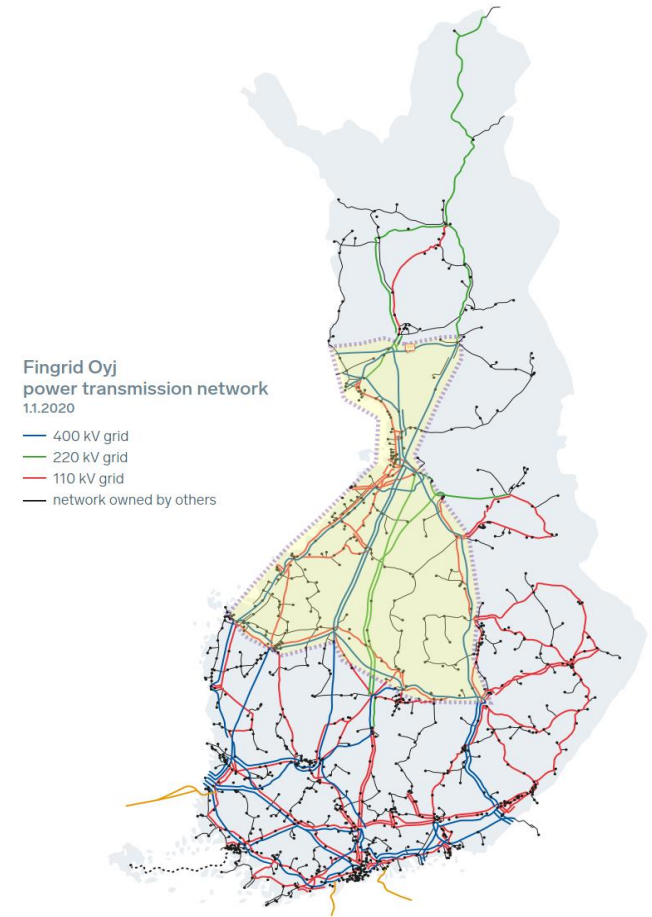
- Suojausvaatimukset aliharmonista vuorovaikutusta vastaan asetetaan **kaikille** Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville **tyypin D** suuntaajakytketyille voimalaitoksille. Vaatimukset ovat voimassa, mikäli voimalaitoksen liittymispiste tai voimalaitoksen liityntäverkon liittymispiste sijaitsevat kuvassa esitetyllä alueella (keltainen alue).
- Suojauksen tulee perustua jännitteen ja virran hetkellisarvomittauksiin. Suojauksen mittaus ei saa keskiarvoistaa tai suodattaa mittaussignaalia niin, että aliharmoninen vaikutus jää huomiotta.



Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

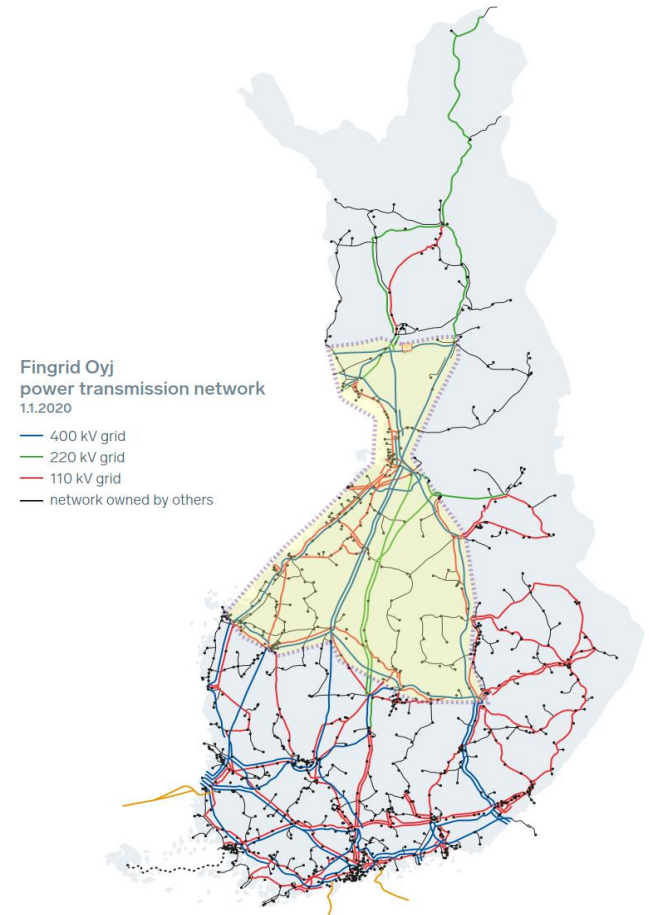
2. Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset

- Mallinnus-, vaimennus-, ja instrumentointivaatimukset asetetaan niille 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).



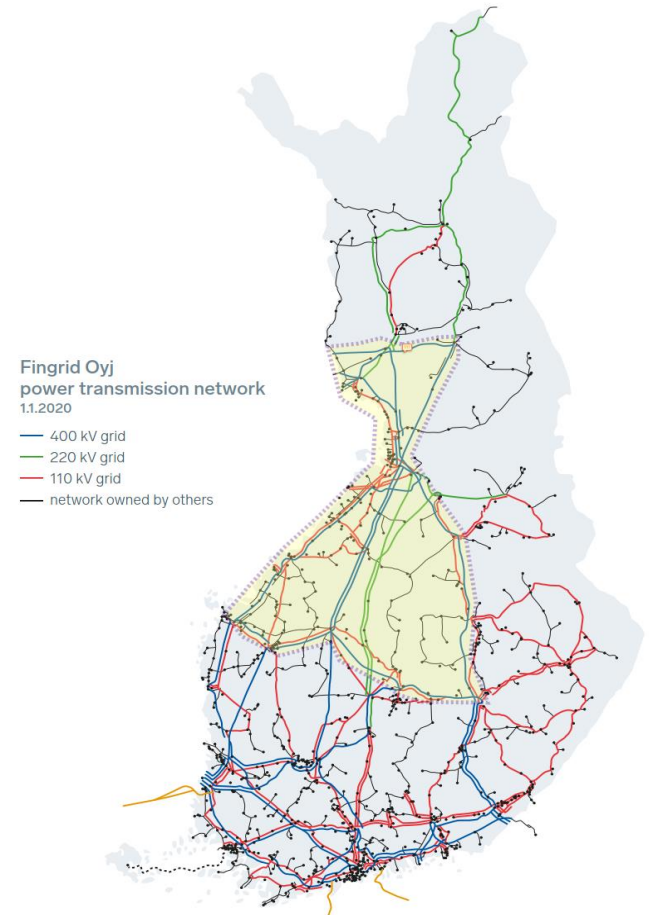
Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- Mallinnusvaatimus
 - Voimalaitoksesta tulee toimittaa yksityiskohtainen PSCAD-malli, joka sisältää projektikohtaiset voimalaitoksen ohjaus- ja suojausjärjestelmät.
 - Voimalaitoksen PSCAD-mallilla tulee suorittaa impedanssiskannaus, joka toistaa voimalaitoksen taajuusvasteen aliharmonisilla taajuuksilla. Skannaus tehdään PQ-diagrammin neljässä eri toimintapisteessä.
 - Liittyjän tulee toimittaa malli ja laskentatulokset Fingridille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, vähintään 6 kk ennen voimalaitoksen suunniteltua käyttöönottoa.



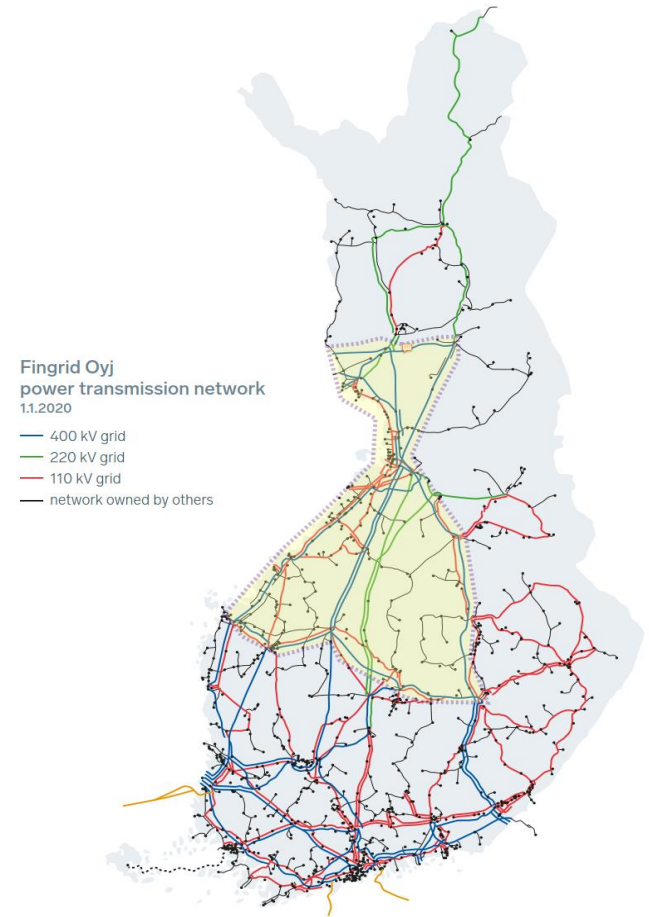
Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- Vaimennusvaatimukset
 - Fingrid arvioi voimalaitoksen aliharmonisen vuorovaikutuksen toimitetun PSCAD-mallin ja impedanssiskannauksen avulla.
 - Fingrid arvioi resonanssiriskiä todennäköisempien käyttötilanteiden perusteella, on huomiotava ettei riskiä voi välttämättä poistaa laskentamallin avulla tehtävällä tarkastelulla ja säätömuutoksilla. Tämän vuoksi suojausvaatimus on voimassa kaikille alueelle liittyville voimalaitoksille.
 - Mikäli arvioinnin perusteella havaitaan, että voimalaitos voi joutua aliharmoniseen resonanssiin määrätyllä taajuuskaistalla, vaaditaan voimalaitoksen säädön uudelleenviritys niin, että resonanssiriski saadaan minimoitua.



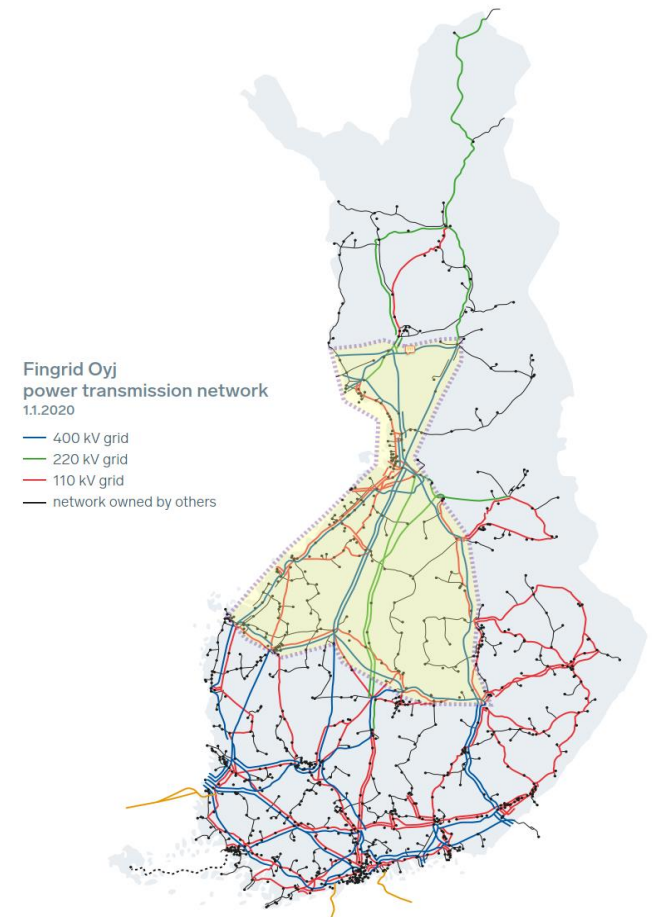
Erityistarkasteluvaatimukset Fingridin sarjakompensoidun verkon läheisyyteen liittyville suuntaajakytketyille voimalaitoksille

- Instrumentointivaatimukset
 - Voimalaitos tulee varustaa häiriötallentimella, jonka tallennusaika on vähintään 30+30 sekuntia (pre + post fault)
 - Häiriötallentimen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen jännitteet ja virrat hetkellisarvoina vaiheittain.
 - Häiriötallentimen tulee liipaista, kun:
 - suojariele toimii,
 - jännitteen hetkellisarvo alittaa 0,95 tai ylittää 1,05 pu
 - virran hetkellisarvo ylittää 1,10 pu



Vaatimusten voimaantulo

- Vaatimukset ovat vielä luonnoksia ja ne on tarkoitus julkaista vaatimuksina vuoden 2020 loppuun mennessä.
 - Nyt on mahdollisuus kommentoida
- Fingrid suosittelee huomioimaan jo nyt suojausvaatimukset aliharmonista värähtelyä vastaan meneillään olevissa voimalaitoshankkeissa.
 - Asiakkaat voivat käyttää Fingridin kirjoittamaa teknistä paperia keskusteluissa voimalaitostoimittajien kanssa, asiakirja on saatavilla julkisesti:
<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>



Kiitos!

Fingrid Oyj

Läkkisepäntie 21

00620 Helsinki

PL 530, 00101 Helsinki

Puh. 030 395 5000

Fax. 030 395 5196

www.fingrid.fi



FINGRID