

Fingrid Oyj

Nopean taajuusreservin (FFR)
teknisten vaatimusten todentaminen
ja hyväksyttämiprosessi

22.11.2019

Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	Reservikohteen hyväksyttäminen	2
2.1	Hyväksyttämisen prosessi.....	2
2.2	Tarvittava dokumentaatio	4
2.3	Säätökokeen voimassaoloaika	5
3	Tekniset vaatimukset	5
3.1	Nopean taajuusreservin aktivointi.....	5
3.2	Aktivoinnin kesto, deaktivointi ja palautuminen.....	6
3.3	Taajuuden mittaaminen.....	7
4	Nopean taajuusreservin todentaminen	7
4.1	Reservikapasiteetin määrittäminen	7
4.2	Säätökokeen suoritus.....	7
4.3	Mitta- ja rekisteröintilaitteiden tarkkuusvaatimukset	9
4.4	Aggregoitujen reservikohteiden säätökokeet	9
4.5	Säätökokeiden tulosten dokumentointi	11
5	Taajuusohjatun häiriöreservin ja nopean taajuusreservin ylläpito samalla reservikohteella	11

1 Johdanto

Tässä dokumentissa on kuvattu nopean taajuusreservin (FFR) ylläpitoon tarjottavien reservikohteiden hyväksyttämisen prosessi sekä reservikohteita koskevien teknisten vaatimusten todentaminen. Reservitoimittajia koskevat yleiset vaatimukset on kuvattu Fingridin julkaisemassa dokumentissa "Ehdot ja edellytykset nopean taajuusreservin (FFR) toimittajalle".

Nopean taajuusreservin tarkoitus on varmistaa, ettei yksittäisen sähkön tuotantoyksikön tai tasasähkösiirtoyhteyden menetys johda taajuuden putoamiseen alle 49,0 Hz:n tason. Nopeaa taajuusreserviä tarvitaan sähköjärjestelmän pienen inertian tilanteiden hallintaan ja sitä hankitaan silloin, kun inertian määrä sitä edellyttää.

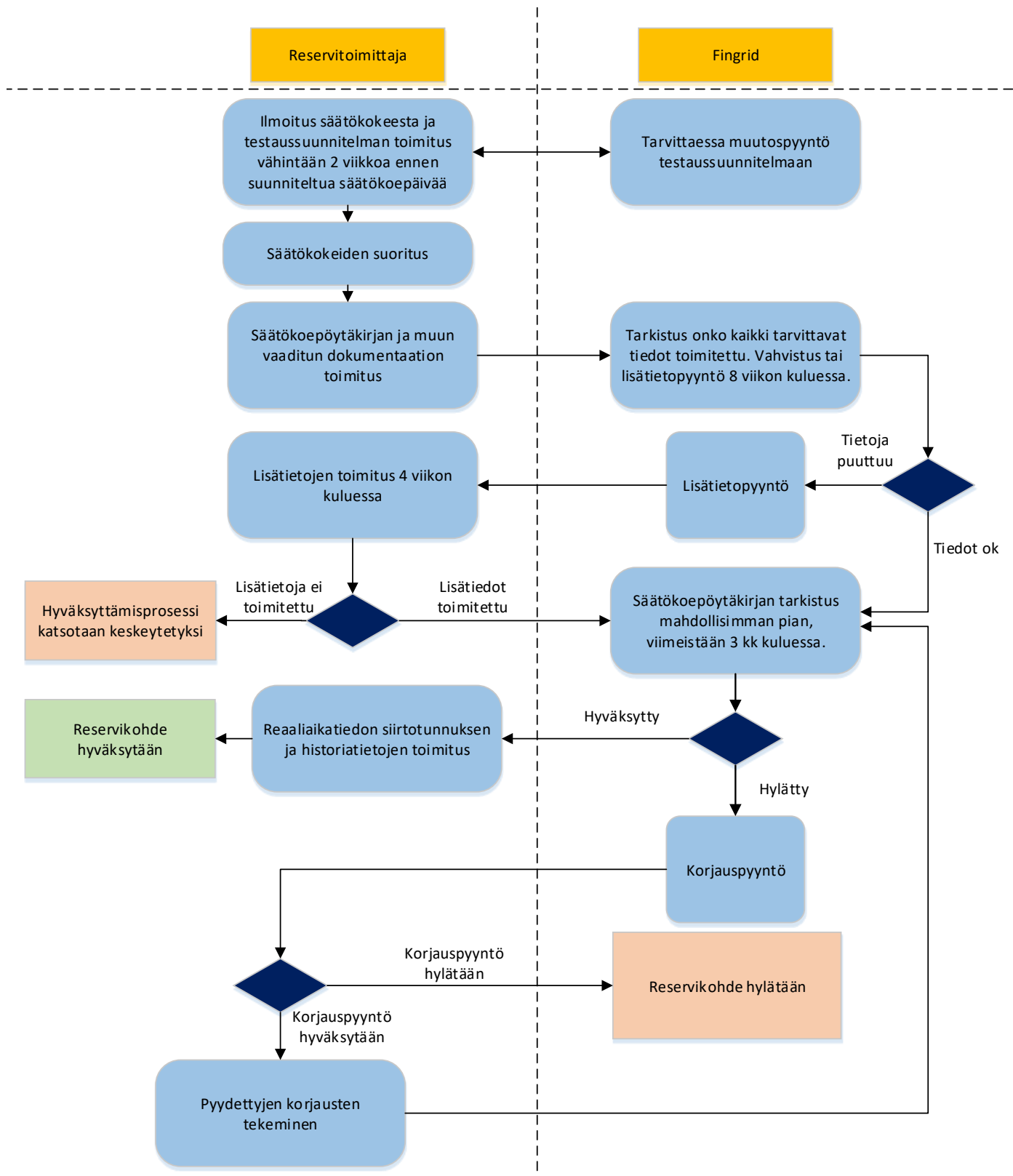
2 Reservikohteen hyväksyttäminen

2.1 Hyväksyttämisen prosessi

Reservikohteen hyväksyttämisen prosessissa noudatetaan kuvan 2.1 mukaista prosessia. Reservitoimittaja vastaa säätökokeiden suorittamisesta tämän dokumentin luvun 4 mukaisesti sekä vaadittujen tietojen (ks. luku 2.2) toimittamisesta annettujen aikamääreiden sisällä. Säätökoepöytäkirja on toimitettava vähintään vuoden kuluessa mittauspäivästä.

Fingrid vastaa tietojen ja mittaustulosten tarkistuksesta prosessikaavion mukaisessa aikataulussa sekä hyväksyttämisen tuloksen ilmoittamisesta reservitoimittajalle.

Fingridillä on oikeus lähettää edustajansa mukaan säätökokeisiin. Reservitoimittaja vastaa kokeiden suorittamisesta aiheutuvista kustannuksista ja Fingrid vain omista henkilökustannuksistaan.



Kuva 2.1 Hyväksyttämisen prosessin kulku

2.2 Tarvittava dokumentaatio

Säätökoetulokset dokumentoidaan säätökoepöytäkirjaan (ks. luku 4.5), joka toimitetaan Fingridille säätökokeiden jälkeen.

Lisäksi uusista reservikohteista on kohteen tyypistä riippuen toimitettava seuraavat tiedot:

Voimalaitokset:

- maksimiteho (MW)
- nimellinen näennäisteho (MVA) ja hitausvakio H (MWs/MVA)
- tekninen kuvaus säätöjärjestelmän toiminnasta

Kulutus:

- kulutuksen tyyppi, esim. teollisuusprosessi (millainen?), valaistus, lämmitys
- maksimiteho (MW)
- tekninen kuvaus säätöjärjestelmän toiminnasta

Energiavarastot:

- nimellisteho (MW)
- energiakapasiteetti (MWh)
- varaustason ylä- ja alaraja (MWh tai %)
- tekninen kuvaus säätöjärjestelmän toiminnasta

Aggregoiduista reservikohteista on lisäksi toimitettava tekninen kuvaus aggregoinnin toteutuksesta, ohjausjärjestelmästä ja tiedonsiirrosta ohjausjärjestelmän ja resurssien välillä.

Yllämainitut tiedot on suositeltavaa toimittaa jo ennen säätökoetta siltä osin, kun ne ovat saatavilla.

Reservien ylläpidon raportointia ja seurantaan koskevat vaatimukset on kuvattu "Ehdot ja edellytykset nopean taajuusreservin (FFR) toimittajalle" -dokumentissa. Reservikohteen hyväksyttämisen yhteydessä on toimitettava kuvaus reaaliaikatiedon laskennasta sekä reaaliaikatiedon lähetyksessä käytettävä tunnus. Historiatietojen asianmukainen tallennus tulee osoittaa toimittamalla historiatiedot vähintään 1 tunnin pituiselta jaksolta, jolloin reservikohteella on ylläpidetty nopeaa taajuusreserviä.

Reservikohteista, joiden säätökoe uusitaan, toimitetaan säätökoepöytäkirja, näyte historiatiedoista ja mahdollisesti muuttuneet tiedot.

2.3 Säätökokeen voimassaoloaika

Säätökokeiden voimassaoloaika on 5 vuotta. Säätökoe tulee uusiksi ennen voimassaoloajan päättymistä. Säätökoe on myös uusittava aina, kun reservikohteelle tehdään reservikäyttöön vaikuttavia muutoksia, kuten säätölaitteiden uusiminen tai säätöparametrien muutos.

3 Tekniset vaatimukset

3.1 Nopean taajuusreservin aktivointi

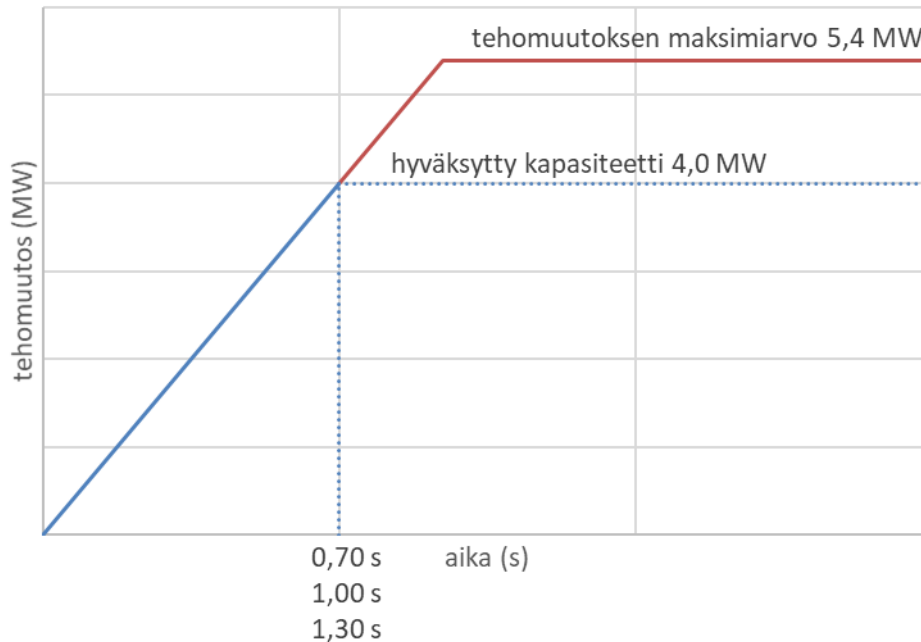
Nopea taajuusreservi aktivoidaan ylössäätönä joko lisäämällä tehon antoa sähköverkkoon tai pienentämällä tehon kulutusta. Reservikapasiteetti tulee aktivoida täysimääräisesti vaaditun aktivointiajan sisällä, kun taajuus saavuttaa kynnyksarvon. Nopealla taajuusreservillä on kolme vaihtoehtoista aktivointitaajuuden ja -ajan yhdistelmää, joista reservitoimittaja valitsee yhden. Vaihtoehdot on esitetty taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Nopean taajuusreservin aktivointitaajuus ja -aika

Aktivointitaajuus (Hz)	Aktivointiaika (s)
$\leq 49,70$	$\leq 1,30$
$\leq 49,60$	$\leq 1,00$
$\leq 49,50$	$\leq 0,70$

Esimerkiksi vaihtoehto $\leq 49,60$ Hz ja $\leq 1,00$ s tarkoittaa, että reservin tulee olla kokonaan aktivoitunut maksimissaan yhdessä sekunnissa, mikäli sähköjärjestelmän taajuus on $49,60$ Hz tai alle. Reservin aktivoitumisen tulee olla monotonisesti kasvava, esimerkiksi yksi tai useita askeleita tai ramppi.

Aktivoitumisesta seuraava reservikohteen tehomuutos saa ylittää nopeaan taajuusreserviin hyväksyttävän kapasiteetin korkeintaan 35 %:lla. Kuvassa 3.1 on esimerkki sallitusta tehokäyrästä. Ylitys lasketaan nopean taajuusreservin aktivoinnin keston aikana mitattavasta suurimmasta tehomuutoksen arvosta.



Kuva 3.1 Suurin sallittu aktivoituvu teho suhteessa hyväksytyyn kapasiteettiin

3.2 Aktivoinnin kesto, deaktivointi ja palautuminen

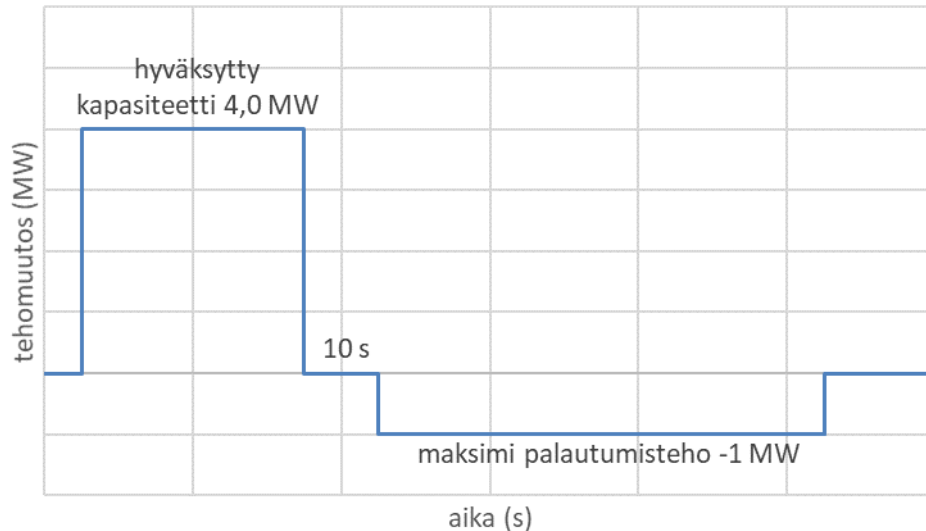
Nopean taajuusreservin aktivoinnin vähimmäiskestolle on kaksi vaihtoehtoa riippuen reservikohteen deaktivoinnin nopeudesta. Deaktivointi tarkoittaa reservikohteen tehon palauttamista takaisin tilaan, jossa reservikapasiteetti ei ole aktivoituneena. Vaihtoehdot on kuvattu taulukossa 3.2. Reservin tulee pysyä aktivoituneena vähimmäiskeston ajan taajuuden arvosta riippumatta. Vähimmäiskestoa vastaavan ajan kuluttua deaktivointi on niin ikään sallittua taajuuden arvosta riippumatta.

Taulukko 3.2 Nopean taajuusreservin aktivoinnin vähimmäiskesto

Aktivoinnin vähimmäiskesto (s)	Deaktivoinnin nopeus
30 s	ei rajoitettu
5 s	enintään 20 % reservikapasiteetista sekunnissa

Reservikohteen tulee kyetä uuteen aktivointiin 15 minuutin kuluttua edellisestä aktivoinnista. Reservikohde saa kuitenkin pysyä aktivoituneena niin kauan kuin taajuus on alle 49,8 Hz ja aloittaa deaktivoinnin vasta, kun taajuus ylittää 49,8 Hz.

Reservikohteelle sallitaan palautuminen tietyin reunaehdoin. Palautumisella tarkoitetaan tehon ottamista sähköverkosta esimerkiksi energiavaraston varaustilan nostamista tai suuntaajakytketyn generaattorin nimellisen pyörimisnopeuden palauttamista varten. Palautumisteho saa olla korkeintaan 25 % reservikohteen nopean taajuusreservin kapasiteetista. Palautumisen saa aloittaa aikaisintaan 10 sekunnin kuluttua deaktivoinnin päättymisestä. Esimerkki reservikohteen palautumisesta on esitetty kuvassa 3.2.



Kuva 3.2 Reservikohteen palautuminen

3.3 Taajuuden mittaaminen

Reservikohteen tarjoaja voi mitata säädössä käytettävän taajuuden valitsemastaan pisteestä Suomen sähköjärjestelmästä. Taajuusmittauksen tarkkuus tulee olla vähintään 10 mHz ja näytteenottoväli enintään 0,1 sekuntia.

4 Nopean taajuusreservin todentaminen

Reservitoimittaja vastaa siitä, että nopean taajuusreservin ylläpitoon osallistuva reservikohteeseen täyttää tässä dokumentissa esitetyt tekniset vaatimukset. Vaatimusten täyttyminen todennetaan säätökokeilla, jotka tulee suorittaa reservikohteen normaalissa käyttötilanteessa. Reservikohteelle voidaan määrittää useita säätöasetteluita, joiden kaikkien toiminta tulee todentaa säätökokeilla.

Säätökokeen suorittamisessa on noudatettava tämän dokumentin vaatimuksia ja ohjeita. Mikäli säätökokeen tai sen osan suorittaminen määritetyllä tavalla ei ole mahdollista reservikohteen ominaisuuksista johtuen, reservitoimittaja ja Fingrid voivat sopia vaihtoehtoisesta menetelmästä.

4.1 Reservikapasiteetin määrittäminen

Säätökokeilla määritetään enimmäismäärä nopeaa taajuusreserviä, joka reservikohteesta voidaan tarjota reservimarkkinoille. Reservikapasiteetiksi lasketaan taulukon 3.1 mukaisessa ajassa aktivoitunut pätöteho. Reservikapasiteetti määritetään 0,1 MW:n tarkkuudella.

4.2 Säätökokeen suoritus

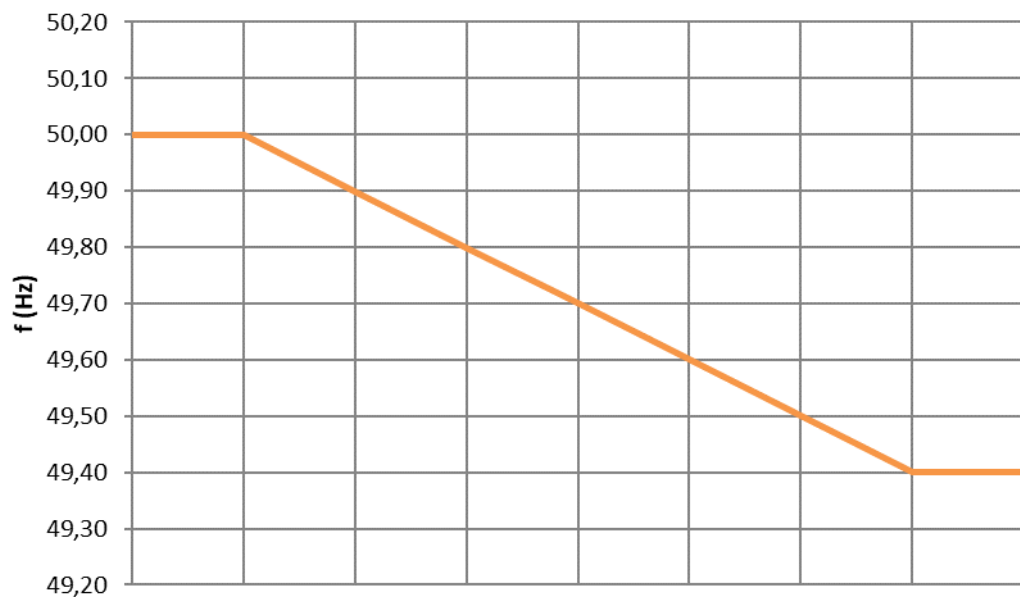
Säätökokeen aikana reservikohteen tulee olla kytkeytyneenä sähköjärjestelmään. Mahdolliset muut pätötehoon tai reservin aktivoitumiseen vaikuttavat ohjaukset, kuten

taajuusohjattu käyttö- tai häiriöreservi (FCR-N tai FCR-D) ja automaattinen taajuudenhallintareservi (aFRR), tulee olla pois käytöstä.

Nopean taajuusreservin testausta varten tuotetaan synteettinen taajuussignaali. Ensisijaisesti testisignaalin tuottamiseen käytetään ulkoista lähdettä, josta signaali tuodaan taajuuden mittalaitteelle.

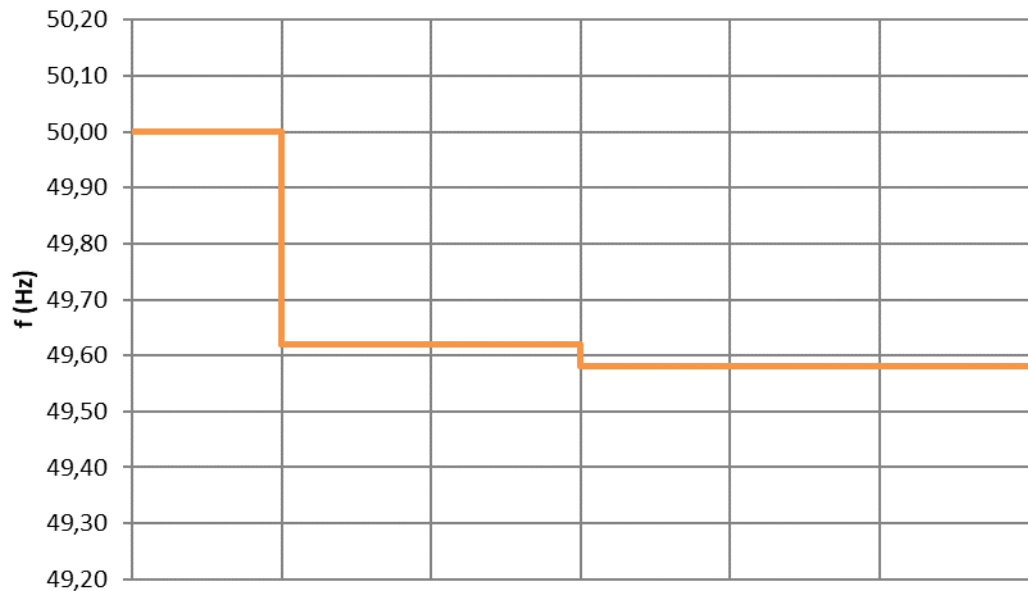
Vaihtoehtoisesti testisignaali voidaan tuottaa ohjelmallisesti säätimessä. Koska tässä testissä taajuuden mittalaite ohitetaan, reservin aktivoituminen täytyy lisäksi todentaa myös verkkotaajuuden perusteella. Täydentävän testin ajaksi aktivointitaajuus asetellaan lähelle nimellistaajuutta, jotta taajuuden normaali vaihtelu aktivoi reservin.

Synteettisenä testisignaalina voidaan käyttää joko taajuusramppia tai askelmaisia taajuusmuutoksia. Periaatekuva taajuusrampista on esitetty kuvassa 4.1. Ramppi alkaa arvosta 50,0 Hz ja päättyy arvoon 49,40 Hz. Rampin nopeus saa olla enintään 0,2 Hz/s, jotta mittauksista voidaan havaita hetki, jolloin aktivointitaajuus saavutetaan.



Kuva 4.1 Taajuusramppi testisignaalina

Jos testaamiseen käytetään askelmaisia taajuusmuutoksia, käytetään kuvan 4.2 mukaista testisekvenssiä. Ensimmäisessä askeleessa taajuus pysyy enintään 0,05 Hz nopean taajuusreservin aktivointitaajuuden yläpuolella. Reservin ei tule aktivoitua. Tämän jälkeen taajuus lasketaan aktivointitaajuuteen tai enintään 0,05 Hz sen alle. Reservin tulee aktivoitua vaatimusten mukaisesti. Halutessaan testisignaalin voi myös palauttaa 50 Hz:iin askeleiden välissä.



Kuva 4.2 Askelmaiset taajuusmuutokset testisignaalina, kun aktivointitaajuus on 49,6 Hz.

Mittausta jatketaan, kunnes reservikohteen deaktivointi ja mahdollinen palautuminen on päättynyt. Jos reservikohde on aseteltu vaaditun vähimmäiskeston lisäksi pysymään aktivoituneena niin kauan kuin taajuus on alle 49,8 Hz, deaktivoinnin testaamista varten palautetaan taajuus yli 49,8 Hz:iin.

4.3 Mitta- ja rekisteröintilaitteiden tarkkuusvaatimukset

Pätötehomittauksen resoluution tulee olla 0,01 MW ja tarkkuuden 0,5 % reservikohteen nimellistehosta tai parempi. Mittalaitteen tulee pystyä mittaamaan kaikki reservin aktivoinnin aiheuttamat pätötehon muutokset.

Testeissä syötettävä taajuussignaali tulee mitata 10 mHz:n resoluutiolla ja mittaustarkkuuden tulee olla 10 mHz tai parempi.

Rekisteröintilaitteiden näytteenottoväli saa olla enintään 0,1 sekuntia.

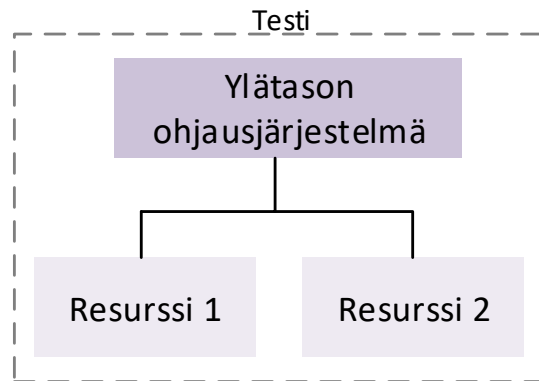
4.4 Aggregoitujen reservikohteiden säätökokeet

Yksittäisistä reserviresursseista voidaan muodostaa aggregoitu reservikohde. Fingridillä on oikeus pyytää reaaliaika- ja historiatiedot erikseen aggregoidun kohteen yksittäisistä resursseista. Aggregoitujen reservikohteiden markkinoille osallistumisen säännöt on kuvattu dokumentissa "Ehdot ja edellytykset nopean taajuusreservin (FFR) toimittajalle".

Aggregoitujen reservikohteiden säätökyvyn todentamiseen voidaan soveltaa kolmea eri tapaa. Säätökokeen suoritustavasta on sovittava etukäteen Fingridin kanssa.

1. Testataan aggregoitu kohde kokonaisuutena

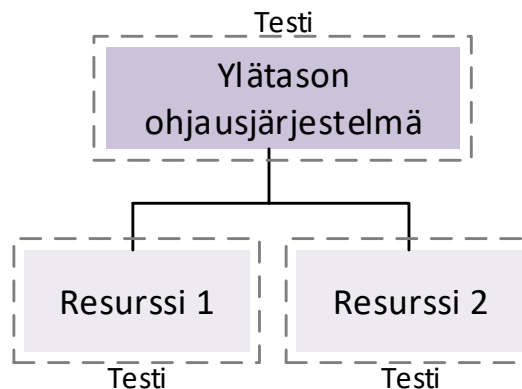
Testisignaali syötetään yltason ohjausjärjestelmään ja aktivoitua teho lasketaan kaikkien resurssien tehojen summana. Reservitoimittaja osoittaa, että aggregoitu kohde kokonaisuudessaan täyttää tekniset vaatimukset. Uusien resurssien lisääminen edellyttää säätökokeiden tekemistä joko uusille resursseille tai uudelleen koko kohteelle.



Kuva 4.3 Aggregoidun reservikohteen testaus kokonaisuutena

2. Testataan yksittäiset resurssit erikseen

Kukin resurssi testataan erikseen. Reservitoimittaja osoittaa, että jokainen aggregoitava resurssi täyttää tekniset vaatimukset itsenäisesti. Reservitoimittajan tulee myös osoittaa, että yltason järjestelmän toiminta vastaa vaatimuksia (mm. tiedonsiirron viiveiden todennus).



Kuva 4.4 Yksittäisten resurssien testaus

3. Tyypin hyväksyntä

Keskenään identtisille resursseille voidaan soveltaa tyypin hyväksyntää, jos yksittäisen resurssin nopean taajuusreservin kapasiteetti on enintään 0,1 MW. Reservitoimittajan tulee osoittaa, että resurssit toimivat keskenään samalla tavalla. Tämän jälkeen uusia samanlaisia resursseja voi lisätä aggregoituun reservikohteeseen ilman säätökokeita.

Reservikohteen hyväksytyyn kapasiteetin nostaminen edellyttää kuitenkin ilmoitusta Fingridille.

4.5 Säätkoetulosten dokumentointi

Säätkokeen tuloksista toimitetaan vapaamuotoinen säätkoepöytäkirja. Pöytäkirjaan tulee kirjata seuraavat tiedot:

- Mittauspäivämäärä
- Reservikohteen nimi
- Valittu nopean taajuusreservin aktivointitaajuus

Mittaustuloksista piirretään kuvaaja, josta on luettavissa testitaajuus ja reservikohteen pätöteho ajan suhteen. Mikäli tehdään täydentävä testi todellisen verkkotaajuuden perusteella, sen tulokset esitetään vastaavalla tavalla erillisessä kuvaajassa. Tilapäisesti testiä varten aseteltu aktivointitaajuus dokumentoidaan.

Aikaleimattu taajuus (testistä riippuen synteettinen taajuussignaali tai verkkotaajuus) ja pätöteho toimitetaan lisäksi pöytäkirjan liitteenä samassa muodossa kuin historiatiedot (ks. "Ehdot ja edellytykset nopean taajuusreservin (FFR) toimittajalle")

5 Taajuusohjatun häiriöreservin ja nopean taajuusreservin ylläpito samalla reservikohteella

Samalla reservikohteella on mahdollista ylläpitää samanaikaisesti sekä taajuusohjattua häiriöreserviä että nopeaa taajuusreserviä. Samalla kapasiteetilla voi kuitenkin osallistua vain yhdelle reservimarkkinalle kerrallaan, eli jos osa kapasiteetista myydään nopeaan taajuusreserviin, taajuusohjatun häiriöreservin kapasiteetti pienenee.

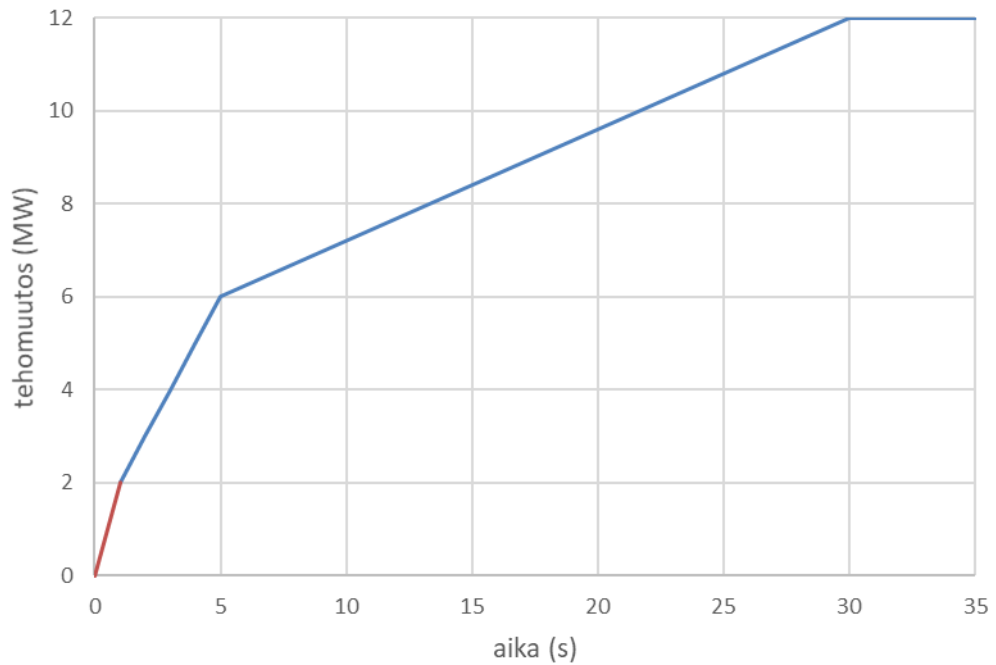
Taajuusohjatun häiriöreservin vaatimukset on kuvattu dokumentissa "Taajuusohjattujen reservien (FCR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämisen prosessi". Taajuusohjatusta häiriöreservistä 50 % täytyy aktivoitua 5 sekunnissa ja 100 % 30 sekunnissa, kun taajuus laskee askelmaisesti 50,0 Hz:stä 49,5 Hz:iin. Nopeaan taajuusreserviin voidaan tarjota se osuus taajuusohjatun häiriöreservin kapasiteetista, joka aktivoituu ensimmäisen sekunnin kuluessa monotonisesti kasvavasti. Tällöin ei sovelleta lukujen 3.1 ja 3.2 vaatimuksia eikä luvun 4.2 ohjeita säätkokeen tekemisestä.

Kuva 5.1 havainnollistaa kapasiteettien määrittämistä. Kuvaaja esittää reservikohteen tehomuutoksen, kun taajuus laskee askelmaisesti 50 Hz:stä 49,5 Hz:iin. Punaisella piirretty käyrän osa kuvaa nopeaan taajuusreserviin hyväksyttävää kapasiteettia C_{FFR} , joka lasketaan seuraavasti:

$$C_{FFR} = \Delta P_{1s} = 2 \text{ MW}$$

Laskettaessa taajuusohjatun häiriöreservin kapasiteettia C_{FCR-D} , nopean taajuusreservin määrä vähennetään pätötehon 5 ja 30 sekunnin kohdalla mitatuista arvoista:

$$C_{FCR-D} = \min(2 \cdot (\Delta P_{5s} - C_{FFR}), \Delta P_{30s} - C_{FFR}) = 8 \text{ MW}$$



Kuva 5.1 Taajuusohjattu häiriöreservi ja nopea taajuusreservi samalla reservikohteella

Esimerkkikohteesta voi myydä

- a) 2 MW nopeaa taajuusreserviä ja 8 MW taajuusohjattua häiriöreserviä, tai
- b) 0 MW nopeaa taajuusreserviä ja 12 MW taajuusohjattua häiriöreserviä.