

Fingrid Oyj

Nopean taajuusreservin (FFR) säätökokeiden testiohjelma

8.7.2022

Sisällysluettelo

| | |
|--|----------|
| Johdanto | 2 |
| 1. Säätökokeiden suunnittelu | 3 |
| 2. Valmistelevat toimenpiteet ennen säätökokeiden suorittamista | 4 |
| 3. Säätökokeet | 5 |
| 3.1. Testitavat | 5 |
| 3.1.1. Testitapa 1 – Synteettinen taajuussignaali ulkoisesta lähteestä | 5 |
| 3.1.2. Testitapa 2a – Ohjelmoitu synteettinen taajuussignaali säätimessä | 5 |
| 3.1.3. Testitapa 2b – Verkkotaajuus testisignaalina | 6 |
| 3.2. Testiohjelma..... | 6 |
| 3.2.1. Askelvastetesti..... | 6 |
| 3.2.2. Ramppivastetesti | 7 |
| 3.3. Täydentävä testi verkkotaajuudella | 8 |
| 4. Säätökokeiden jälkeiset toimenpiteet | 9 |
| 4.1. Mitattu testidata..... | 9 |
| 4.2. Raportointi | 9 |
| 4.3. Hyväksyttävän kapasiteetin laskeminen..... | 9 |
| 4.3.1. Hyväksytyn kapasiteetin laskenta..... | 9 |
| 4.3.2. Hyväksytyn FFR-kapasiteetin ylityksen laskenta | 10 |

Johdanto

Tämä dokumentti kuvaa säätökokeita, jotka on tehtävä Nopean taajuusreservin (FFR) ylläpitoon osallistuvilla reservikohteilla. Dokumentti sisältää vaiheittaisen ohjeistuksen säätökokeiden suorittamiseen.

- Luku 1 sisältää yhteenvedon säätökokeiden suunnittelusta. Suunnitteluprosessi on suositeltavaa aloittaa hyvissä ajoin ennen säätökokeiden suorittamista.
- Luku 2 käy läpi valmistelevia toimenpiteitä ennen säätökokeiden suorittamista.
- Luku 3 kuvaa suoritettavia säätökokeita.
- Luku 4 käy läpi säätökokeiden jälkeisiä toimenpiteitä, testitulosten käsittelyä ja reservikohteelle haettavan hyväksynnän valmistelua

Kuvaus teknisistä vaatimuksista löytyy dokumentista "Nopean taajuusreservin (FFR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämisen prosessi".

1. Säätökokeiden suunnittelu

Ennen säätökokeiden suorittamista reservitoimittajan tulisi varmistua alla listatuista asioista. Tarvittaessa yhteys Fingridiin tulee ottaa hyvissä ajoin.

- Selvittää markkinoille osallistumisen ehdot ja tekniset vaatimukset.
- Varmistakaa, että käytössänne ovat ajantasaiset Fingridin julkaisemat dokumentit.
- Varmistakaa, että testeistä ilmoitetaan Fingridille vähintään 2 viikkoa ennen testipäivää.
- Selvittää potentiaalisen reservikohteen kyky täyttää tekniset vaatimukset ja pyrkikää määrittämään sopivat säätöparametrit.
- Varmistakaa, että Fingrid on hyväksynyt epävarmuudet ja/tai mahdolliset poikkeukset ennen säätökokeiden suorittamista.
- Päätäkää reservikohteen aktivointitaajuus ja aktivoinnin kesto.
- Määrittäkää testaustapa riippuen siitä, käytetäänkö testissä ulkoista vai sisäistä signaaligeneraattoria. Sisäistä signaaligeneraattoria käytettäessä vaaditaan lisätesti.
- Määrittäkää reservikohteelle säätökokeissa hyväksyttävät maksimi- ja minimikapasiteetit. Testit suoritetaan näillä kapasiteeteilla. Testausta minimikapasiteetilla ei tarvitse suorittaa, jos on selvää, ettei kapasiteetin määrällä ole vaikutusta teknisten vaatimusten täyttämiseen ja asiasta on sovittu Fingridin kanssa ennen testausta.
- Varmistakaa, että mittalaitteisto on Taulukon 1 vaatimusten mukainen.

Taulukko 1: Mittausten minimivaatimukset

| Mitattava suure | Kategoria | Nimellisteho ¹ | Tarkkuus ² | Resoluutio | Näytteenottotaajuus |
|-----------------|-----------|---------------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| Pätoehto | 1 | < 2 MW | ± 5 % | 0,01 MW | 10 Hz |
| | 2 | 2–10 MW | ± 1 % | | |
| | 3 | < 10 MW | ± 0,5 % | | |
| Verkon taajuus | N/A | N/A | ± 10 mHz | 10 mHz | 10 Hz |
| Testitaajuus | N/A | N/A | ± 10 mHz | 10 mHz | 10 Hz |

- Varmistakaa, että reservikohteesta voidaan toimittaa vaaditut historiatiedot ja reaaliaikatieidot.
- Perehtykää testin jälkeen suoritettaviin toimenpiteisiin (luku 4).

¹ Mitattavan kohteen nimellisteho.

² Arvon tulee sisältää mittalaitteiston kokonaispätarkkuus .

2. Valmistelevat toimenpiteet ennen säätökokeiden suorittamista

Seuraavat kohdat tulee tarkistaa ennen säätökokeen aloitusta.

- Reservikohteen verkkotaajuuden mittaus on korvattu testisignaaliilla.
- Varmistakaa, että alla listatut signaalit tallentuvat.
- Varmistakaa, että mittalaitteisto on aikasykronoitu oikein (jos datan rekisteröinnissä käytetään synkronoitua aikaleimaa)
- Varmistakaa, että mitattu data voidaan muokata raportoitavaan muotoon kokeiden jälkeen luvun 4.2 mukaisesti.

Testeissä on suositeltavaa käyttää ulkoista signaalilähdettä, joka kytketään taajuuden mittalaitteeseen. Jos ulkoisen signaalilähteen käyttö ei ole mahdollista, taajuussignaali voidaan myös tuottaa ohjelmallisesti säätimessä. Tällöin vaaditaan lisätesti, jossa hyödynnetään verkkotaajuuden normaalia vaihtelua. Testaustavat on kuvattu luvussa 3.1.

Vaatimukset mittaustarkkuudelle, resoluutiolle ja näytteenottotaajuudelle ovat Taulukossa 1.

Testin aikana rekisteröitävät signaalit:

- Hetkellinen pätöteho [MW]
- Verkon mitattu taajuus [Hz]
- Syötetty testitaajuus [Hz]
- Tunnistetieto, joka kertoo mitkä säätöparametrit ovat aktiiviset, jos parametrit voivat automaattisesti vaihtua testin aikana.

Näiden lisäksi on suositeltavaa rekisteröidä mahdolliset muut tärkeät suureet tai tilatiedot, jotka voivat vaikuttaa reservikohteen vasteeseen.

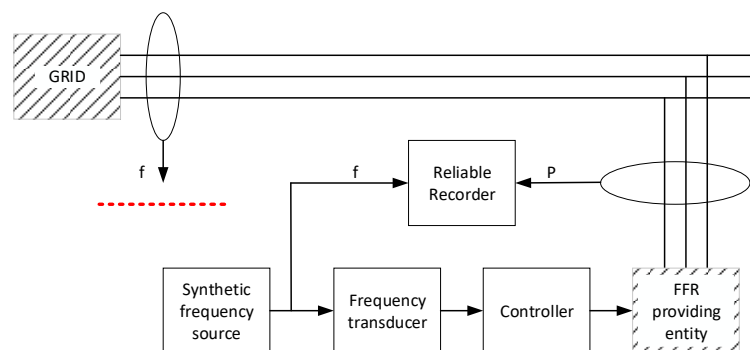
3. Säätökokeet

Tässä luvussa kuvataan säätökokeeseen kuuluvat testit. Kokeet tulee suorittaa reservikohteen pienimmällä ja suurimmalla FFR-kapasiteetilla, tai pelkästään suurimmalla kapasiteetilla, jos asiasta on sovittu Fingridin kanssa. Testitulokset raportoidaan pöytäkirjaan ja liitetään hakemukseen yhdessä testidatan kanssa.

3.1. Testitavat

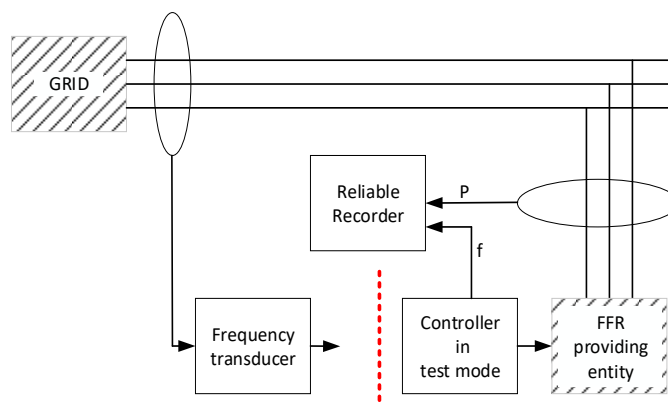
Nopean taajuusreservin säätökokeiden suorittamiseen on kaksi eri testitapaa. Testitavassa 1 käytetään ulkoisen signaalilähteen tuottamaa testisignaalia. Tapaa 1 suositellaan käytettäväksi ensisijaisesti. Jos säätökokeet suoritetaan testitavalla 2, vaaditaan kaksi testiä kohtien 2a ja 2b mukaisesti. Reservikohteen hyväksynnän uusimiseen riittää verkkotaajuudella testaus (2b), jos sen osoittaa vaatimusten täyttymisen.

3.1.1. Testitapa 1 – Synteettinen taajuussignaali ulkoisesta lähteestä



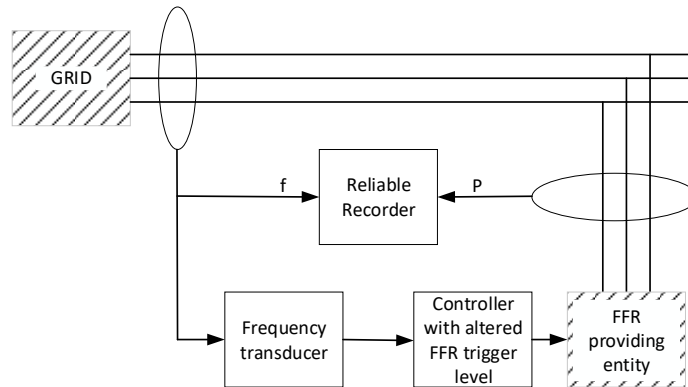
Kuvaaja 1. Testi ulkoisella synteettisellä taajuussignaaliilla

3.1.2. Testitapa 2a – Ohjelmoitu synteettinen taajuussignaali säätimessä



Kuvaaja 2. Testi säätimen sisäisellä synteettisellä taajuussignaaliilla

3.1.3. Testitapa 2b – Verkkotaajuus testisignaalina



Kuvaaja 3. Testi verkkotaajuuden mittauksella ja muutetulla aktivointitaajuudella

Testitapa 2b on tarkoitettu täydentämään testitapaa 2a. Testitavassa 2b reservikohteen aktivointitaajuus on muutettu lähelle verkon sen hetkistä taajuutta, jolloin kohde aktivoituu sähköjärjestelmän normaalien taajuusvaihteluiden vaikutuksesta. Näin kaikki aktivointiprosessin vaiheet saadaan testattua, lukuun ottamatta aktivointitaajuutta, joka testataan testitavalla 2a.

3.2. Testiohjelma

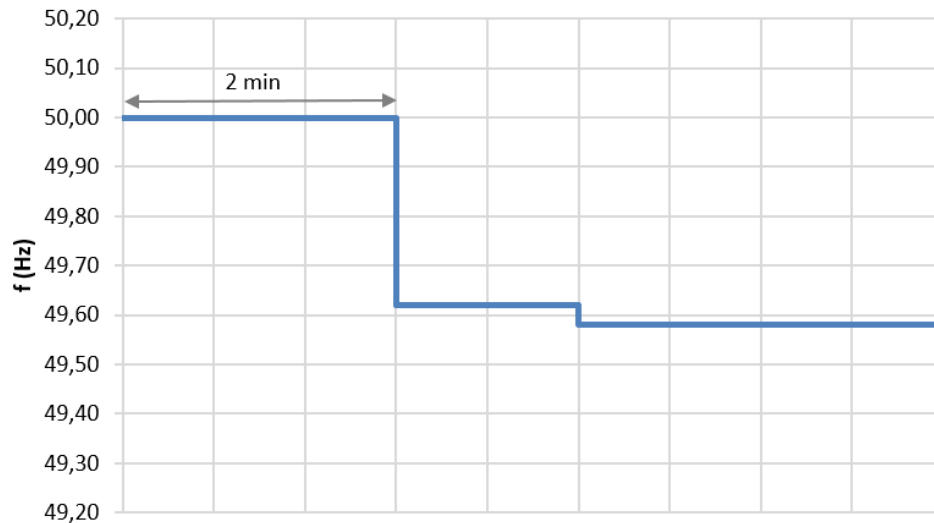
Säätökokeet suoritetaan jokaiselle reservikohteelle kohteen kapasiteetin määrittämiseksi.

Testisignaalina käytetään joko askelmaisia taajuusmuutoksia (Kuva 4) tai taajuusramppia (Kuva 5), ja aktivointitaajuutena sitä teknisten vaatimusten vaihtoehtoa, jonka reservoimittaja on valinnut reservikohteelle. Taajuusrampin tai askelvastesarjan alussa taajuuden tulee olla välillä 49,9–50,1 Hz. Mittausdataa rekisteröidään vähintään 2 minuutin ajan ennen testisignaalin aloitusta. Mittauksen tulee jatkua, kunnes reservikohde on deaktivoitunut ja valmiina uudelleen aktivoitavaksi.

3.2.1. Askelvastetesti

Askelvastetestissä on kaksi aktivointitaajuudesta riippuvaa askelta Kuvan 4 mukaisesti.

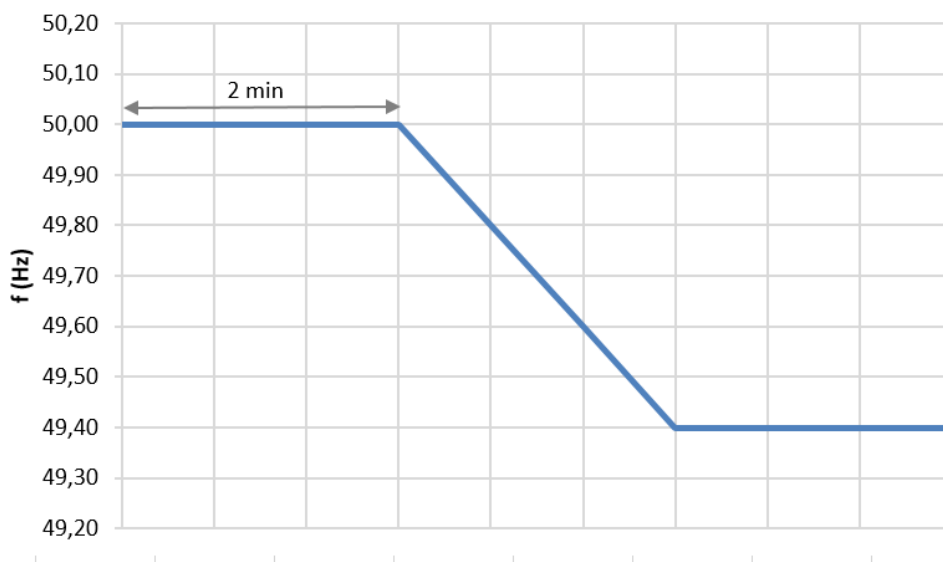
Reservikohteen tulee aktivoitua $\pm 0,05$ Hz:n sisällä valitusta aktivointitaajuudesta. Tämä tarkoittaa, että reservikohde ei saa aktivoitua ensimmäisen askeleen jälkeen, ja toisen askeleen jälkeen kohteen tulee aktivoitua.



Kuvaaja 3. FFR askelvastesarja, esimerkki aktivointitaajuudelle 49,6 Hz. Ensimmäinen askelmuutos tehdään tasolle, joka on juuri aktivointitaajuuden yläpuolella. Toinen askelmuutos tehdään tasolle, joka on aktivointitaajuuden alapuolella.

3.2.2. Ramppivastetesti

Ramppivastetesti tehdään Kuvan 5 mukaisesti. Rampin nopeutta ei ole määritelty, mutta se ei saa olla nopeampi kuin $-0,2 \text{ Hz/s}$, jotta voidaan määrittää taajuuden arvo aktivointihetkellä. Kuten askelvastetestissä, myös ramppitestissä reservikohteen tulee aktivoitua $\pm 0,05 \text{ Hz}$ sisällä valitusta aktivointitaajuudesta.



Kuvaaja 4. FFR ramppivastetesti

3.3. Täydentävä testi verkkotaajuudella

Jos testaamisessa käytetään säätimen sisäistä testisignaalia (testitapa 2a), reservikohteelle on tehtävä lisäksi testi 2b. Tässä testissä käytetään synteettisen taajuussignaalin sijaan mitattua todellista verkkotaajuutta, ks. luku 3.1.3 ja Kuva 3. Testiä varten aktivointitaajuus asetetaan lähelle sen hetkistä verkkotaajuutta, jotta taajuuden normaali vaihtelu todennäköisesti aktivoi reservin.

Testillä todennetaan, että reservikohteen vaste on vaatimusten mukainen, kun säädössä käytetään mitattua taajuutta.

4. Säätökokeiden jälkeiset toimenpiteet

Tämä luku kuvaa toimenpiteitä, jotka tehdään säätökokeiden jälkeen ja ennen kuin kohteelle haetaan hyväksyntää Fingridiltä.

4.1. Mitattu testidata

Mittausdata tulee tallentaa samassa muodossa kuin historiatiedot, ks. Fingridin Reservikaupankäynti ja tiedonvaihto -ohje, mutta testidatan aikaleimojen ei ole välttämätöntä olla tahdistettu UTC-aikaan ja aikaleiman sijaan voi käyttää juoksevaa sekuntien määrää.

4.2. Raportointi

Testitulokset tulee dokumentoida vapaamuotoiseen raporttiin. Mittausdata toimitetaan Fingridille eri testien mukaan ryhmiteltyinä csv-tiedostoina ja nimettynä muotoon [Aika]_[Resurssi]_[Testi].csv

jossa:

- [Aika] = Päivämäärä ja kellonaika, jona testi on suoritettu muodossa YYYYMMDDThmm esim. 20190310T1210
- [Resurssi] = Fingridin kanssa sovittu reserviresurssin nimi, esim. "FFRG1"
- [Testi] = Suoritettu testi, esim. "FFR_askelvaste"

Jokaisen testin yhteydessä vaaditaan seuraavat tiedot:

- P_{\max} [MW]
- P_{\min} [MW]
- Reservikohteen tehon asetusarvo [MW]
- Alustava FFR kapasiteetti [MW] (ks. 4.3.1)
- Kuvaaja testitaajuudesta ja pätötehosta ajan suhteen

4.3. Hyväksyttävän kapasiteetin laskeminen

Tämä kappale kuvaa hyväksytyyn kapasiteetin ja kapasiteetin ylityksen määrittämistä.

4.3.1. Hyväksytyyn kapasiteetin laskenta

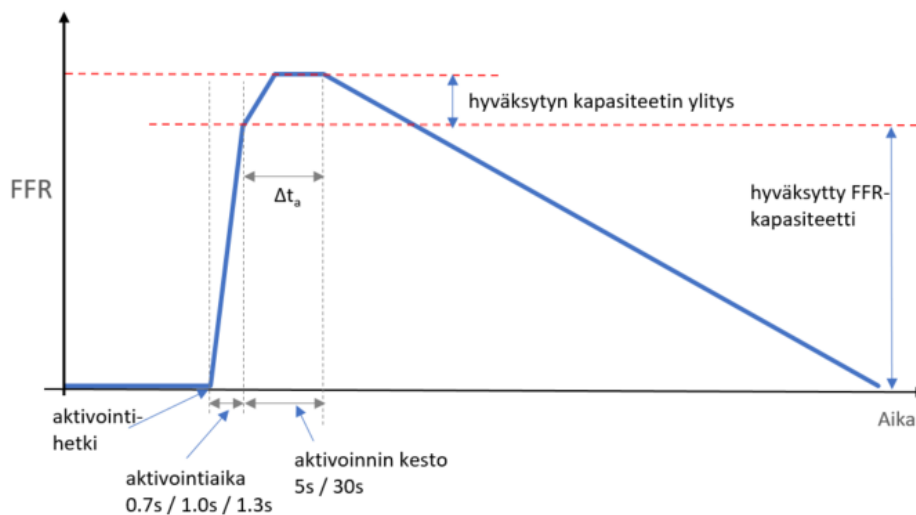
Hyväksytty nopean taajuusreservin kapasiteetti on pienin määrä aktivoitunutta reserviä aikavälillä Δt_a , ks. Kuva 6 ja Kaava 1.

$$C_{\text{pre-qual}} = \min(\text{abs}(P(t) - P(0))) \text{ [MW]} \quad \text{[Kaava 1]}$$

Missä,

$$C_{\text{pre-qual}} \quad \text{hyväksytty FFR-kapasiteetti [MW]}$$

| | |
|---------------|--|
| $P(t)$ | pätötehonsiirto verkon ja reservikohteen välillä [MW] |
| $P(0)$ | pätötehon perustaso |
| t | aika, jossa $t \in \{[t_{FullAct}, t_{FullAct} + t_{MinDur}]\}$ |
| $t_{FullAct}$ | maksimi aktivointiaika (määritetty reservikohteelle teknisten vaatimusten mukaan 0,70, 1,00, tai 1,30 s) |
| t_{MinDur} | minimi aktivoinnin kesto (määritetty reservikohteelle teknisten vaatimusten mukaan 5,0 tai 30 s) |



Kuvaaja 5: Hyväksytyin FFR-kapasiteetin, kapasiteetin ylityksen, aktivointiajan ja aktivoinnin keston määritelmät.

4.3.2. Hyväksytyin FFR-kapasiteetin ylityksen laskenta

Suurin sallittu hyväksytyin FFR-kapasiteetin ylitys on 20 % hyväksytystä FFR-kapasiteetista, ks. Kuva 6. Kapasiteetin ylitys on aikavälillä Δt_a aktivoidun maksimi FFR-kapasiteetin ja hyväksytyin FFR-kapasiteetin erotus ilmaistuna prosentiosuutena hyväksytystä FFR-kapasiteetista. Matemaattisesti ilmaistuna Kaavassa 2.

$$FFR_{OD} = \max(\text{abs}(P(t) - P(0) - C_{\text{pre-qual}})) / C_{\text{pre-qual}} * 100 \text{ [%]} \quad [\text{Kaava 2}]$$

Missä,

| | |
|-----------------------|---|
| FFR_{OD} | hyväksytyin FFR-kapasiteetin ylitys [%] |
| $C_{\text{pre-qual}}$ | hyväksytty FFR-kapasiteetti [MW] |
| $P(t)$ | pätötehonsiirto verkon ja reservikohteen välillä [MW] |
| $P(0)$ | pätötehon perusarvo |
| t | aika, jossa $t \in \{[t_{FullAct}, t_{cycle}]\}$ |

| | |
|---------------|---|
| $t_{FullAct}$ | maksimi aktivointiaika (määritetty reservikohteelle teknisten vaatimusten mukaan 0,70, 1,00, tai 1,30 s), |
| t_{cycle} | aika kokonaisen FFR-aktivointisyklin suorittamiseen, sisältäen aktivoinnin, deaktivoinnin ja palautumisen |