

## Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2024

### Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Termit ja määritelmät</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Vaatimusten soveltamisala</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Luottamuksellisuus</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Erityistarkasteluvaatimukset</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Vaatimusten todentamisprosessi, jatkuva seuranta ja niihin liittyvät vastuut</b>	<b>16</b>
6.1	Vastuut, velvollisuudet ja oikeudet todentamisprosessin sekä jatkuvan seurannan aikana	16
6.1.1	Liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan vastuut, velvollisuudet ja oikeudet	16
6.1.2	Fingridin vastuut, velvollisuudet ja oikeudet	17
6.2	Voimalaitoksen järjestelmäteknisten ominaisuuksien muuttaminen	18
6.3	Vaiheittain etenevät voimalaitoshankkeet	18
6.4	Voimalaitosten vaatimusten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely	18
6.4.1	Tyypin A voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely	18
6.4.2	Tyypin B ja C voimalaitosten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely	19
6.4.3	Tyypin D voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely	20
<b>7</b>	<b>Voimalaitostietojen dokumentointi ja toimittaminen</b>	<b>26</b>
7.1	Tyypin A voimalaitoksesta toimitettavat tiedot	26
7.2	Tyypin B voimalaitoksesta toimitettavat tiedot	26
7.3	Tyypin C voimalaitoksesta toimitettavat tiedot	28
7.4	Tyypin D voimalaitoksesta toimitettavat tiedot	28
7.4.1	Voimalaitostietojen toimittaminen ja aikataulu	28
7.4.2	Toimitettavat tiedot	29
7.5	Tyyppi- ja tehdaskokeiden tiedot	34
<b>8</b>	<b>Poikkeukset vaatimuksista</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Reaaliaikaiset mittaukset, tiedonvaihto ja instrumentointi</b>	<b>36</b>
9.1	Tyypin A voimalaitoksen reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto	36
9.2	Tyypin B voimalaitoksen reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto	36
9.3	Tyypin C ja D voimalaitosten reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto	36
9.4	Tyypin C voimalaitosten instrumentointi	37
9.5	Tyypin D voimalaitosten instrumentointi	38
<b>10</b>	<b>Yleiset vaatimukset</b>	<b>40</b>
10.1	Sähköjärjestelmän jännitteet ja taajuudet	40
10.2	Tyypin A voimalaitoksen yleiset vaatimukset	40
10.2.1	Voimalaitoksen jännite-taajuustoiminta-alue	40
10.2.2	Taajuuden muutosnopeuden sietokyky	40
10.2.3	Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila (LFSM-O)	41
10.2.4	Pätötehonsäätö	42
10.2.5	Pätötehotuotannon sallittu alentaminen	42
10.2.6	Etäohjausvalmius	42

10.2.7	Autonominen kytkeytyminen .....	42
10.2.8	Suojaus.....	42
10.2.9	Palautuminen ulkoisen verkkoyhteyden menetyksestä.....	43
10.3	Tyypin B voimalaitoksen yleiset vaatimukset.....	43
10.3.1	Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö.....	43
10.3.2	Lähivikakestoisuus.....	44
10.3.3	Ylijännitekestoisuus .....	46
10.3.4	Pätötehon palautuminen jännitehäiriön jälkeen .....	47
10.3.5	Suojaus.....	47
10.3.6	Tietoliikenne ja tietoturva .....	48
10.4	Tyypin C voimalaitoksen yleiset vaatimukset.....	49
10.4.1	Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö.....	49
10.4.2	Autonominen kytkeytyminen .....	54
10.4.3	Taajuussäätö-alitaajuustoimintatila (LFSM-U) .....	54
10.4.4	Stabiiliutta koskevat vaatimukset.....	55
10.4.5	Sähkön laatu.....	56
10.4.6	Päämuuntajan tähtipisteen maadoitus .....	56
10.4.7	Pimeäkäynnistys ja saarekekäyttö .....	56
10.5	Tyypin D voimalaitoksen yleiset vaatimukset.....	56
10.5.1	Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö.....	56
10.5.2	Voimalaitoksen jännite-taajuustoiminta-alue .....	56
10.5.3	Lähivikakestoisuus.....	57
10.5.4	Laskelma voimalaitoksen toiminnasta jännitehäiriön yhteydessä .....	60
10.5.5	Ylijännitekestoisuus.....	62
10.5.6	Tahdistamista koskevat vaatimukset.....	62
	<b>Tahtikonevoimalaitoksia koskevat vaatimukset .....</b>	<b>63</b>
<b>11</b>	<b>Tahtikonevoimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö.....</b>	<b>63</b>
11.1	Tyypin A tahtikonevoimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö .....	63
11.2	Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö.....	63
11.3	Tyypin C ja D tahtikonevoimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö .....	63
11.3.1	Fingridin oikeudet sähköjärjestelmän häiriötilassa.....	63
11.3.2	Voimalaitoksen pätöteho ja käynnistysaika .....	63
11.3.3	Pätötehon ja taajuuden säädön toteutus .....	64
11.3.4	Pätötehon muutosnopeus ja säätöalue .....	66
11.3.5	Omakäytölle jääminen ja toiminta omakäytöllä.....	67
<b>12</b>	<b>Tahtikonevoimalaitosten loistehokapasiteetti.....</b>	<b>68</b>
12.1	Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen loistehokapasiteetti .....	68
12.2	Tyypin C ja D tahtikonevoimalaitosten loistehokapasiteetti.....	68
12.2.1	Generaattorilta vaadittava loistehokapasiteetti .....	68
12.2.2	Tahtikonevoimalaitokselta vaadittava loistehokapasiteetti .....	68
12.2.3	Lisäloistehokapasiteetti .....	69
12.2.4	Loistehokapasiteetilaskelma .....	69
12.2.5	Loistehokapasiteetin rajoittaminen .....	70
<b>13</b>	<b>Tahtikonevoimalaitosten jännitteensäätö.....</b>	<b>71</b>
13.1	Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö .....	71
13.2	Tyypin C tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö .....	71
13.2.1	Jännitteensäädön toiminta ja käyttötapa .....	71

13.2.2	Generaattorin jännitteensäädön suorituskyky.....	71
13.2.3	Generaattorin jännitteensäädön suorituskykylaskelma.....	72
13.2.4	Generaattorin jännitteensäädön toimintatilat ja toiminnallisuudet .....	73
13.2.5	Jännitteensäädön toimintatilojen muutokset.....	73
13.2.6	Jännitteensäädön toimintaan liittyvät rajoittimet ja suojaukset.....	73
13.2.7	Voimalaitoksen jännite- ja loistehosäätöön osallistuvat muut komponentit .....	74
13.3	Tyyppin D tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö .....	74
<b>14</b>	<b>Tahtikonevoimalaitosten käyttöönottokokeet .....</b>	<b>76</b>
14.1	Kaikkien tahtikonevoimalaitosten käyttöönottokokeiden yhteiset vaatimukset .....	76
14.2	Tyyppin B tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet.....	76
14.3	Tyyppin C tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet .....	77
14.3.1	Käyttöönottokokeisiin liittyvät suunnitelmat, mittaukset ja tiedonvaihto.....	77
14.3.2	Käyttöönottokokeen korvaaminen .....	78
14.3.3	Käyttöönottokokeiden dokumentointi ja hyväksyminen.....	79
14.3.4	Käyttöönottokokeissa todennettavat toiminnot .....	79
14.4	Tyyppin D tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet .....	84
<b>15</b>	<b>Tahtikonevoimalaitosten mallinnusvaatimukset.....</b>	<b>86</b>
15.1	Tyyppin C ja D tahtikonevoimalaitosten mallinnusvaatimukset.....	86
15.1.1	Dynamiikkamallinnustietojen toiminnalliset vaatimukset.....	86
15.1.2	Mallinnustietojen todentamista ja dokumentaatiota koskevat vaatimukset.....	86
15.1.3	Erytystarkasteluvaatimukset.....	88
15.1.4	Vaatimukset kompensointilaitteistojen mallinnukselle.....	88
	<b>Suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia koskevat vaatimukset.....</b>	<b>89</b>
<b>16</b>	<b>Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö .....</b>	<b>89</b>
16.1	Tyyppin A suuntaajakytketyn voimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö .....	89
16.2	Tyyppin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö .....	89
16.2.1	Pätöteho .....	89
16.2.2	Pätötehon rajoittaminen .....	90
16.3	Tyyppin C ja D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö.....	90
16.3.1	Fingridin oikeudet sähköjärjestelmän häiriötilassa.....	90
	Voimalaitoksen käynnistys ja omakäyttö .....	90
16.3.2	.....	90
16.3.3	Pätötehon ja taajuuden säädön toteutus .....	91
16.3.4	Pätötehon muutosnopeus .....	93
16.3.5	Pätötehon muutosnopeuden rajoittaminen .....	93
16.3.6	Pätötehon nopea alassäätö.....	94
16.3.7	Muutokset pätötehon ja taajuuden säädön toimintatilojen välillä .....	94
16.3.8	Säädön tarkkuus ja herkkyys .....	94
16.3.9	Voimalaitoksen tehon tuotannon keskeyttäminen kovalla tuulella .....	94
<b>17</b>	<b>Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten loistehokapasiteetti .....</b>	<b>96</b>
17.1	Tyyppin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen loistehokapasiteetti .....	96
17.2	Tyyppin C ja D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten loistehokapasiteetti .....	96
17.2.1	Loistehokapasiteettivaatimus .....	96
17.2.2	Lisäloistehokapasiteetti .....	97
17.2.3	Loistehokapasiteettivaatimuksen saavuttamiseksi hyödynnettävät komponentit ....	97
17.2.4	Loistehokapasiteettilaskelma .....	98
17.2.5	Loistehokapasiteetin rajoittaminen .....	99

17.2.6	Hybridivoimalaitosten loistehokapasiteetti .....	99
<b>18</b>	<b>Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten jännitteen ja loistehon säätö.....</b>	<b>101</b>
18.1	Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö.....	101
18.1.1	Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet.....	101
18.1.2	Suuntaajakytketyn voimalaitoksen loisvirran syöttö .....	101
18.2	Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö .....	103
18.2.1	Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet.....	103
18.2.2	Vakiojännitesäätö.....	104
18.2.3	Vakio-loistehosäätö.....	106
18.2.4	Vakiotehokerroinsäätö .....	106
18.2.5	Jännite- ja loistehosäädön toimintatilojen ja asetteluarvojen muutokset .....	107
18.2.6	Jännitteensäätäjän toimintaan liittyvät suojaukset sekä rajoittimet .....	107
18.2.7	Muut jännite- ja loistehosäätöön osallistuvat komponentit .....	107
18.2.8	Suuntaajakytketyn voimalaitoksen loisvirran syöttö .....	108
18.2.9	Hybridivoimalaitosten jännitteensäätö .....	108
18.3	Tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö .....	108
18.3.1	Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet.....	108
<b>19</b>	<b>Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten käyttöönottokokeet.....</b>	<b>110</b>
19.1	Kaikkien suuntaajakytkettyjen voimalaitosten käyttöönottokokeiden yhteiset vaatimukset.....	110
19.2	Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet.....	110
19.3	Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet.....	111
19.3.1	Käyttöönottokokeisiin liittyvät suunnitelmat, mittaukset ja tiedonvaihto.....	111
19.3.2	Käyttöönottokokeen korvaaminen .....	112
19.3.3	Käyttöönottokokeiden dokumentointi ja hyväksyminen.....	113
19.3.4	Käyttöönottokokeissa todennettavat toiminnot .....	113
19.3.5	Hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeet .....	121
19.4	Tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet.....	123
<b>20</b>	<b>Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset .....</b>	<b>124</b>
20.1	Tyypin C suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset.....	124
20.1.1	Yleiset mallinnusvaatimukset .....	124
20.1.2	Voimalaitoksen aggregointi laskentamallia varten .....	124
20.1.3	Tehonjako- ja vikavirtalaskentaa koskevat vaatimukset .....	124
20.1.4	Suuntaajakytketyn voimalaitoksen dynamiikkalaskentaa koskevat vaatimukset ...	125
20.1.5	Mallinnustietojen todentamista ja dokumentaatiota koskevat vaatimukset.....	125
20.2	Tyypin D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset.....	127
20.2.1	Erytistarkasteluvaatimukset.....	127
<b>21</b>	<b>Liite A: Voimalaitosten jännitteensäädön asetteluperiaatteet.....</b>	<b>128</b>
21.1	Johdanto .....	129
21.2	Jännitteensäätö.....	130
21.2.1	Jännitteensäädön säätötapa .....	130
21.2.2	Jännitteensäädön asetusarvo .....	130
21.2.3	Päämuuntajan mitoitus.....	130
21.2.4	Päämuuntajan käämikytkimen käyttö .....	130
21.3	Loistehostatiikka ja asetusarvo.....	131
21.3.1	Määritelmä .....	131
21.3.2	Asetusarvo.....	132
21.4	Laitosloistehonsäätö .....	133

21.5	Esimerkkikuvat vaihtoehtoisista toteutuksista.....	134
21.5.1	Suuntaajakytketty voimalaitos.....	134
21.5.2	Tahtikonevoimalaitos – yksi generaattori.....	135
21.5.3	Tahtikonevoimalaitos – kaksi tai useampia generaattoreita.....	136
<b>22</b>	<b>Liite B: Lisästabiloinnin viritysohje Suomen voimajärjestelmään liitettäville generaattoreille .....</b>	<b>137</b>
22.1	Johdanto.....	138
22.2	Taustatietoa lisästabiloinnista .....	138
22.3	Huomioitavat asiat.....	138
22.4	PSS tyypit .....	139
22.5	Lisästabiloinnin virittäminen .....	140
22.5.1	PSS laitteiston toimivuuden tarkastaminen .....	140
22.5.2	PSS:n ulostulon rajoitin .....	140
22.5.3	Suojaus ja hälytykset .....	140
22.5.4	Ohjaus .....	140
22.5.5	Washout-suodatin .....	140
22.5.6	Alipäästösuodatin.....	141
22.5.7	Vaihekompensoinnin virittäminen.....	141
22.5.8	Vahvistuksen määrittäminen .....	141
22.5.9	Käyttöönottotestit .....	142
22.6	Esimerkki vaihekompensointisimuloinnista sekä Bode-diagrammeista.....	148

## 1 Johdanto

Tämä asiakirja sisältää voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset, jotka Fingrid Oyj (myöhemmin "Fingrid") on sille määrätyn järjestelmävastuun perusteella asettanut Suomen sähköjärjestelmään liitettäville voimalaitoksille.

Vaatimusten lähtökohtana on eurooppalainen verkkosääntö (Euroopan komission asetus 2016/631), johon Fingrid on tehnyt kansalliset lisäykset ja täsmennykset. Eurooppalaisten verkkosääntöjen tavoitteena on taata tasapuoliset ja syrjimättömät kilpailuolosuhteet sähkön sisämarkkinoilla, varmistaa sähköjärjestelmän käyttövarmuus ja luoda yhtenäiset liittymisehdot verkkoliittymisille.

Kansallisesti voimalaitosten järjestelmäteknisten vaatimusten asettamisella pyritään varmistamaan, että

- voimalaitos kestää sähköjärjestelmässä esiintyvät jännite- ja taajuusvaihtelut,
- voimalaitos tukee sähköjärjestelmän toimintaa häiriötilanteiden yhteydessä sekä toimii luotettavasti niiden aikana ja niiden jälkeen,
- voimalaitos ei verkossa ollessaan aiheuta haittaa muille sähköjärjestelmään kytketyille laitteille, ja että
- liittymispisteen verkonhaltijalla ja Fingridillä on käytössään sähköjärjestelmän ja sen käytön suunnitteluun sekä käyttövarmuuden ylläpitoon tarvittavat tiedot voimalaitoksesta.

Luvuissa 3–10 esitetyt vaatimukset koskevat sekä tahtikone- että suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia. Luvuissa 11–15 esitetyt vaatimukset koskevat kaikkia niitä voimalaitoksia, joissa on suoraan verkkoon kytkettyjä tahtigeneraattoreita. Luvuissa 16–20 esitetyt vaatimukset koskevat kaikkia niitä voimalaitoksia, joiden tuottama sähköteho syötetään sähköjärjestelmään osittain tai kokonaan suuntaajan kautta. Jos muunlaisia voimalaitoksia aiotaan kytkeä sähköjärjestelmään, Fingrid määrittää niille vaatimukset erikseen.

Näiden järjestelmäteknisten vaatimusten lisäksi voimalaitosten on

- noudatettava liittymishetkellä voimassa olevia Fingridin yleisiä liittymisehtoja (YLE),
- noudatettava kantaverkkosopimuksen mukaisia ehtoja
- noudatettava liittymispisteen verkonhaltijan asettamia liittymisehtoja
- täytettävä sähköjärjestelmän hätätilaa ja käytönpalautusta koskevan verkkosäännön (Euroopan komission asetus 2017/2196) nojalla annetut vaatimukset sekä
- täytettävä järjestelmäpalveluita tarjotessaan kullekin (reservi)markkinapaikalle asetetut vaatimukset.

## 2 Termit ja määritelmät

**Alimagnetointirajoin:** Tahtigeneraattorin jännitteensäädön rajoitin, jonka tehtävä on ylläpitää riittävä generaattorin magnetointivirta, jottei tahtikäyttöä menetetä (engl. under excitation limiter (UEL)).

**Erilliskäyttöinen voimalaitos:** Voimalaitos, joka on suunniteltu toimimaan vain sähköjärjestelmän poikkeus- tai häiriötilanteessa tai saarekekäytössä.

**Generaattorimuuntaja:** Tahtikonevoimalaitoksen muuntaja, jonka kautta generaattorin tuottama sähköteho syötetään sähköjärjestelmään.

**Generaattorin liitinjännite:** Katso liitinjännite.

**Hybridivoimalaitos:** Voimalaitos, jossa saman liittymispisteen taakse on liitetty erityyppisiä laitososioita, kuten eri primäärienergianlähteeseen (aurinko, tuuli, vesi) perustuvia voimalaitoksia tai sähkövarastoja, joiden liittymispisteeseen syöttämää pätötehoa tai loistehoa ohjaa laitososioille yhteinen säätäjä.

**Jännitteensäätäjä:** Säätää voimalaitoksen tuottamaa loistehoa käyttäen referenssinään joko generaattorin liitinjännitettä tai liittymispisteen jännitettä (engl. automatic voltage regulator (AVR)).

**k-kerroin:** Määrittää suuntaajakytketyn voimalaitoksen vikavirran syötön suhteessa vian aikaiseen jäännösjännitteeseen.

$$k = \frac{\frac{\Delta I_q}{I_n}}{\frac{\Delta U}{U_n}}$$

missä  $\Delta I_q$  on suuntaajakytketyn voimalaitoksen viassa syöttämä lisäloisvirta,  $I_n$  on voimalaitoksen nimellisvirta,  $\Delta U$  on jännitteen muutos viassa,  $U_n$  on verkon nimellisjännite.

**Käyttöönottokokeet:** Voimalaitosten järjestelmätekniisiin vaatimuksiin liittyvät voimalaitoksen käyttöönottokokeet.

**Käytöstä vastaava toimija (KVT):** Liittyjän nimeämä ja tätä edustava taho, joka vastaa voimalaitoksen toiminnasta sähköverkossa. Käytöstä vastaavalla toimijalla on oltava joka hetki tieto voimalaitoksen toimintatilasta, oikeus ja mahdollisuudet ohjata voimalaitosta ja muuttaa sen toimintapistettä ja säätötilaa sekä valtuuttaa tai rajoittaa mahdollisia voimalaitoksen ulkopuolelta annettavia ohjauksia.

**LFSM-O:** Taajuussäätö ylitaajuustoimintatila (engl. limited frequency sensitive mode – overfrequency) on pätötehon säätötila, jossa voimalaitoksen pätötehoa aletaan alentaa automaattisesti tietyn taajuuden yläpuolella.

**LFSM-U:** Taajuussäätö alitaajuustoimintatila (engl. limited frequency sensitive mode – underfrequency) on pätötehon säätötila, jossa voimalaitoksen pätötehoa aletaan nostaa automaattisesti tietyn taajuuden alapuolella.

**Liitinjännite:** Generaattorikiskon jännite.

**Liittyjä:** Toimija, jonka omistama voimalaitos liittyy sähköjärjestelmään tai kiinteistön omistaja, jonka omistamaan kiinteistöön liittyy voimalaitos.

**Liittymispiste:** Liittymissopimuksen mukainen omistusraja.

**Liittymispisteen verkonhaltija:** Sähköverkon haltija, jonka sähköverkkoon voimalaitos liittyy ja jolla on voimassa oleva Energiaviraston myöntämä lupa harjoittaa sähköverkkotoimintaa.

**Liittymissopimus:** Liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan välinen sopimus, jossa määritellään ehdot liittyjän liittämiseksi liittymispisteen verkonhaltijan sähköverkkoon.

**Loisteho:** Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulon imaginäärikomponentti, yksikkö Mvar.

**Loistehokapasiteetti:** Suurin liittymispisteessä mitattava loisteho, jonka voimalaitos voi yhtäjaksoisesti ilman aikarajaa tuottaa tai kuluttaa.

**Loistehostatiikka:** Voimalaitoksen tuottaman loistehon suhteellinen muutos verrattuna jännitteen muutokseen (engl. slope).

**Minimiteho ( $P_{\min}$ ):** Voimalaitoksen minimiteho on voimalaitoksen liittymispisteestä mitattava pienin mahdollinen pätöteho, jolla laitos voi toimia yhtäjaksoisesti ilman aikarajaa.

**Mitoitusloisteho ( $Q_n$ ):** Voimalaitoksen mitoitusloisteho on voimalaitoksen jännitteen- tai loistehon säädön perusarvona käytettävä loistehokapasiteettivaatimuksen mukainen loisteho.

**Mitoitusteho ( $P_{\max}$ ):** Voimalaitoksen mitoitusteho on voimalaitoksen liittymispisteestä mitattava suurin pätöteho, jolla laitos voi toimia yhtäjaksoisesti ilman aikarajaa ja joka on määritetty liittymissopimuksessa tai muuten määritetty liittymispisteen verkonhaltijan ja liittyjän kesken.

**Normaali käyttöjännite:** Liittymispisteen verkonhaltijan määrittämä liittymispisteen jännite (100 %:n arvoa vastaava jännite). Suhteellisarvona ilmoitettuna normaali käyttöjännite on 1,0 pu.

**Nostomuuntaja:** Suuntaajakytketyn voimalaitoksen kokoomakiskon ja liittymispisteen välissä oleva muuntaja, jonka kautta voimalaitoksen tuottama sähköteho syötetään sähköjärjestelmään.

**Numeerinen:** Tieto ilmoitetaan digitaalisesti numeroina tietokoneella luettavassa ja edelleen muokattavissa olevassa muodossa, esimerkiksi mittausaikasarja käyttöönottokokeesta.



**Näennäisteho:** Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulo, yksikkö MVA.

**Omakäyttöteho:** Voimalaitoksen omakäyttölaitteiden kuluttama näennäisteho. Omakäyttölaitteina pidetään niitä voimalaitoksen laitteita ja koneita, jotka voimalaitoksessa tarvitaan sähkön tai sähkön ja lämmön tuottamiseen ja tuotantovalmiuden ylläpitämiseen sekä laitoksen aiheuttamien ympäristöhaittojen poistamiseen tai pienentämiseen.

**Pienin säätötaso:** Minimiteho, mikäli primäärienergian saatavuus ei aseta rajoitteita.

**pu:** per unit, suhteellisarvo. Suuretta verrataan ennalta määrättyyn perusarvoon.

**Pimeäkäynnistysominaisuus:** Voimalaitoksen kyky käynnistää sähköntuotanto oman voimanlähteen avulla, ilman ulkoista sähkönsyöttöä sähköverkosta.

**PSS:** Lisästabilointipiiri (engl. power system stabilizer). Jänniteensäätäjän lisätoiminto, jonka tavoitteena on parantaa matalataajuuksien tehoheilahtelujen vaimennusta laitostason paikallisen heilahtelun sekä sähköjärjestelmän alueiden välisen heilahtelun osalta.

**Pätöteho:** Jännitteen ja virran tehollisarvojen tulon reaalikomponentti, yksikkö MW.

**Reservivoimalaitos:** Reservivoimalaitosta käytetään vain sähköjärjestelmän häiriöistä selviytymiseen ja sähköjärjestelmän normaalitilaan palauttamiseen häiriöiden jälkeen sekä sähköjärjestelmän tehotasapainon hallintaan tilanteissa, joissa kaikki kaupallisesti saatavilla olevat resurssit on käytetty.

**Statiikka:** Voimalaitoksen tuottaman pätötehon suhteellinen muutos verrattuna taajuuden muutokseen (engl. droop).

**Suuntaajakytketty voimalaitos:** Sähköä tuottava yksikkö tai sähköä tuottavien yksiköiden muodostama kaupallinen kokonaisuus, joka on liitetty sähköverkkoon joko synkronoimattomasti tai tehoelektronikan kautta ja jolla on myös yksi liittymispiste siirtoverkkoon, jakeluverkkoon, mukaan lukien suljettu jakeluverkko, tai suurjännitteiseen tasasähköjärjestelmään.

**Suurin säätötaso:** Mitoitusteho, mikäli primäärienergian saatavuus tai ympäristön lämpötila ei aseta rajoitteita.

**Synkronikompensaattori:** tahtikone, jota käytetään oikosulkutehotason nostamiseen sekä verkon jännitteen hallintaan tarvittavan loistehon tuottamiseen. Synkronikompensaattori saa tahtikäytön aikana pyörimisenergiansa sähköverkosta, eikä tahtikoneen akselilla ole jatkuvatoimista voimakonetta. Synkronikompensaattori ei kykene jatkuvaan pätötehon tuotantoon eikä siten ole voimalaitos.

**Säädön toimintatila:** Säädön toimintatila tarkoittaa erilaisia voimalaitoksen säätöjärjestelmien toimintatiloja, esimerkiksi vakiopätötehosäätö, taajuussäätö, vakioiloistehosäätö tai vakiojännitesäätö.

**Taajuussäätö:** Voimalaitos säätää määritetyn statiikan perusteella tuottamaansa pätötehoa sähköjärjestelmän taajuuden mukaan. Näin voimalaitos tukee toiminnallaan sähköjärjestelmän taajuuden ylläpitoa (engl. frequency control).

**Tahtikonevoimalaitos:** Jakamaton laitteistokokonaisuus, joka voi tuottaa sähköenergiaa siten, että sen tuotetun jännitteen taajuus, generaattorin nopeus ja verkkojännitteen taajuus ovat vakiosuhteessa toisiinsa ja siten tahtikäytössä.

**Toimintatila:** Katso säädön toimintatila.

**Tuotantoteho:** Voimalaitoksen tuottama pätöteho tietyllä ajan hetkellä.

**Turbiini-generaattori:** Turbiinin ja generaattorin yhdistelmä, joka muuttaa turbiinin läpi virtaavan aineen liike-energian sähköenergiaksi.

**Tuuliturbiini-generaattori:** Voimantuotantoyksikkö, joka muuttaa tuulen liike-energian sähköenergiaksi.

**Tuulivoimalaitos:** Voimalaitos, jossa on yksi tai useampi tuuliturbiini-generaattori.

**Vaatimukset:** Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2024.

**Verkkoa luova suuntaaja:** Suuntaaja toimii säätöonsä perustuen kuten jännitelähde, joka on kytketty sarjaan lähdeimpedanssin kanssa. Verkkoa luovan säädön (engl. grid forming control, lyh. GFC) tavoitteena on pyrkiä pitämään suuntaajan säätöjärjestelmässä kuvatun jännitelähteen kulma vakiona nopeissa muutosilmiöissä. Verkkoa luovan suuntaajan (engl. grid forming inverter, lyh. GFMI tai GFI) säätöominaisuuksiin viitataan yleisesti käsitteellä Grid Forming (lyh. GFM).

**Voimalaitos:** Voimantuotantoa varten rakennettu kokonaisuus, joka muuntaa primäärienergiaa sähköenergiaksi ja pystyy syöttämään sähkötehoa liittymispisteeseen. Voimalaitos rakentuu yhden tai useamman voimantuotantoyksikön ympärille ja sisältää voimantuotantomuodosta riippuen energian tuotantoon vaadittavan laitteiston ja järjestelmät, voimalaitostason säätö- ja automaatiojärjestelmän, voimalaitoksen sisäisen sähköverkon, generaattori-, nosto- ja omakäyttömuuntajat sekä muut voimalaitoksen apulaitteet.

**YLE:** Fingridin yleiset liittymisehdot.

**Ylimagnetointirajoitin:** Ylimagnetointirajoitin on jännitteensäädön rajoitin, jonka tehtävänä on estää generaattorin ja generaattorimuuntajan ylimagnetointi rajoittamalla magnetointivirtaa (engl. overexcitation limiter).

### 3 Vaatimusten soveltamisala

Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset koskevat niitä Suomen sähköjärjestelmään kytkettyjä tai kytkettäviä voimalaitoksia, joiden mitoitusteho on vähintään 0,8 kW. Vaatimukset eroavat voimalaitoksen liittämistavan, voimalaitoksen mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetason perusteella.

Vaatimukset koskevat sähköjärjestelmään liitettäviä uusia voimalaitoksia, mutta niitä tulee soveltaa myös käytössä oleviin voimalaitoksiin silloin, kun niiden järjestelmäteknisiä ominaisuuksia muutetaan. Muutoksesta on ilmoitettava luvun 6.2 menettelyn mukaisesti.

Liittyjän vastuulla on täyttää ja ylläpitää VJV2024:n mukaiset vaatimukset, mikäli voimalaitoksen liittymissopimus on tehty VJV2024:n vahvistamispäivän jälkeen tai voimalaitoksen sitova hankintasopimus on tehty 1.7.2025 jälkeen. Muussa tapauksessa liittyjän tulee täyttää ja ylläpitää ne vaatimukset, jotka ovat olleet voimassa voimalaitoksen liittymissopimusta tehtäessä. Vaatimukset tulee täyttää liittymispisteessä tai vaatimuskohtaisesti erikseen määritetyssä pisteessä.

Vaatimukset on porrastettu voimalaitoksen mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetason mukaisesti tyyppiluokkiin. Asiakirjassa käytetyt tyyppiluokat on esitetty taulukossa 3.1.

**Taulukko 3.1. Voimalaitosten tyyppiluokittelu mitoitus-tehon ja liittymispisteen jännitetason perusteella.**

Tyyppi-luokka	Liittymispisteen jännitetaso	Ehto	Voimalaitoksen mitoitus-teho $P_{max}$
Tyyppi A	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV <sup>1</sup>	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitus-teho on vähintään 0,8 kW mutta alle 1 MW. ( $0,8 \text{ kW} \leq P_{max} < 1 \text{ MW}$ )
Tyyppi B	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV <sup>1</sup>	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitus-teho on vähintään 1 MW mutta alle 10 MW. ( $1 \text{ MW} \leq P_{max} < 10 \text{ MW}$ )
Tyyppi C	Liittymispisteen jännitetaso on alle 110 kV	ja (*)	Voimalaitoksen mitoitus-teho on vähintään 10 MW mutta alle 30 MW. ( $10 \text{ MW} \leq P_{max} < 30 \text{ MW}$ )
Tyyppi D	Liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV	tai (+)	Voimalaitoksen mitoitus-teho on vähintään 30 MW. ( $P_{max} \geq 30 \text{ MW}$ )

<sup>1</sup> Riippumatta liittymissopimuksen mukaisesta liittymispisteen jännitteestä, tyyppien A ja B voimalaitosten liittymispisteen jännitetasoksi katsotaan se jännitetaso, johon voimalaitoksen päämuuntaja liitetään tai jännitetaso, johon voimalaitos liittyy suoraan ilman päämuuntajaa.

Tahtikonevoimalaitoksen mitoitus-teho on luokiteltava laitteiston koon mukaan, ja siihen tulee sisällyttää kaikki voimalaitoksen osat, jotka tavallisesti käyvät erottamattomasti yhdessä, kuten yhden kombilaitteiston erilliset vaihtosähkögeneraattorit, joita käyttävät erilliset kaasu- ja höyryturbiinit. Laitosta, johon sisältyy useita tällaisia kombilaitteistoja, tulee arvioida yhden kombiyksikön koon eikä laitoksen kokonaiskapasiteetin perusteella.

Suuntaajakytketyn voimalaitoksen mitoitus-teho on luokiteltava liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa voimalaitokselle sovitun mitoitus-tehon perusteella. Tällainen voimalaitos sisältää yhden tai useita suuntaajakytkettyjä tuotantoyksiköitä, jotka on koottu yhteen yhdeksi taloudelliseksi yksiköksi ja joilla on yksi liittymispiste. Suuntaajakytketyn voimalaitoksen mitoitus-teho voidaan rajoittaa ohjelmallisesti sähköntuotantolaitteiston suuntaajakytkettyjen yksiköiden yhteenlaskettua nimellistä mitoitus-tehoa pienemmäksi.

Hybridivoimalaitoksen mitoitus-teho on luokiteltava liittymispisteen verkonhaltijan kanssa voimalaitokselle sovitun mitoitus-tehon perusteella. Tällainen voimalaitos koostuu kahdesta tai useammasta laitososioista, joilla on yksi liittymispiste ja joiden liittymispisteeseen syöttämää päätetehoa tai loistehoa ohjaa yhteinen säätäjä. Laitososioiden voimat voivat olla eri primäärienergianlähteisiin perustuvia suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia, tahtikonevoimalaitoksia tai sähkövarastoja. Hybridivoimalaitoksen suuntaajakytkettyjen laitososioiden mitoitus-teho voidaan rajoittaa ohjelmallisesti laitteiston suuntaajakytkettyjen yksiköiden yhteenlaskettua nimellistä mitoitus-tehoa pienemmäksi. Tahtikonelaitososioiden mitoitus-teho luokitellaan laitteiston koon mukaan.

Merellä sijaitsevien voimalaitosten, jotka on liitetty sähköjärjestelmään, on täytettävä maalla sijaitsevia voimalaitoksia koskevat vaatimukset, paitsi jos voimalaitoksen liityntä on toteutettu suurjännitteisellä tasasähköyhteydellä. Tällöin liittymisehdot määräytyvät näiden voimalaitoksia koskevien Vaatimuksien ja tasasähköyhteyksille asetettujen liittymisehtojen mukaan.

Energiavarastojen osalta nämä vaatimukset koskevat ainoastaan pumppuvoimalaitoksia, muun tyyppiset energiavarastot on rajattu vaatimusten ulkopuolelle, kuten esimerkiksi akkuvarastot.

Teollisuuslaitosten verkkoihin liitettyjen voimalaitosten osalta voimalaitosten omistajilla, teollisuuslaitosten verkonhaltijoilla ja niillä liittymispisteen verkonhaltijoilla, joiden sähköverkko on liitetty teollisuuslaitoksen sähköverkkoon, on oikeus sopia ehdoista, jotka koskevat tällaisten voimalaitosten ja tuotantoprosessit turvaavien kriittisten kuormitusten irtikytkemistä liittymispisteen verkonhaltijan sähköverkosta. Tämän oikeuden käyttöä on koordinoitava Fingridin kanssa.

Teollisuuslaitosten verkkoihin liitettyjen sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitosten tulee täyttää pätötehon ja taajuuden säätöön liittyvät vaatimukset vain luvun 10.2.3 osalta, mikäli seuraavat kriteerit täyttyvät:

- laitosten pääasiallisena tarkoituksena on tuottaa lämpöä kyseisen teollisuuslaitoksen tuotantoprosesseihin;
- sähkön ja lämmön tuotanto ovat erottamattomasti sidoksissa toisiinsa, eli muutos lämmöntuotannossa johtaa väistämättä muutokseen pätötehon tuotannossa ja päinvastoin.

Vaatimukset eivät koske erilliskäytössä olevia varavoimalaitoksia, mikäli ne käyvät sähköjärjestelmään kytkettyinä alle 5 minuuttia kalenterikuukaudessa, kun sähköjärjestelmä on normaalitilassa. Varavoimalaitoksen ja sähköjärjestelmän rinnakkaista toimintaa huollon tai käyttöönottokokeiden aikana ei oteta huomioon viiden minuutin määräajassa. Huolloksi katsotaan ajoittaiset toistuvat toimintakokeet, joiden ajankohta on ennalta määrätty (esim. tunnin koekäyttö jokaisen kuukauden ensimmäisenä maanantaina tunnilla 8–9).

Vaatimukset eivät koske synkronikompensaattoreita. Synkronikompensaattoreihin kohdistuvista järjestelmäteknisistä vaatimuksista tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

#### 4 Luottamuksellisuus

Salassapitovelvoitteet on määrätty yksiselitteisesti Euroopan komission asetuksen 2016/631 artiklassa 12 ja niitä velvoitteita sovelletaan kansallisesti näihin Vaatimuksiin:

*”12 artikla*

*Salassapitovelvollisuudet*

- 1. Tämän asetuksen nojalla saatuja, vaihdettuja tai toimitettuja luottamuksellisia tietoja koskee 2, 3 ja 4 kohdassa säädetty salassapitovelvollisuus.*
- 2. Salassapitovelvollisuus koskee kaikkia tämän asetuksen säännösten soveltamisalaan kuuluvia henkilöitä, sääntelyviranomaisia ja elimiä.*
- 3. Edellä 2 kohdassa tarkoitettujen henkilöiden, sääntelyviranomaisten ja elinten tehtäviensä yhteydessä saamaa luottamuksellista tietoa ei saa paljastaa muulle henkilölle tai viranomaiselle, sanotun kuitenkaan rajoittamatta kansallisen oikeuden, tämän asetuksen muiden säännösten tai muun asiaan liittyvän unionin lainsäädännön soveltamista niiden soveltamisalaan kuuluviin tapauksiin.*
- 4. Tämän asetuksen nojalla luottamuksellisia tietoja saavilla sääntelyviranomaisilla, elimillä ja henkilöillä on oikeus käyttää saamiaan tietoja ainoastaan tämän asetuksen mukaisten tehtäviensä suorittamiseen, sanotun kuitenkaan rajoittamatta kansallisen tai unionin lainsäädännön soveltamista sen soveltamisalaan kuuluviin tapauksiin.”*

## 5 Erityistarkasteluvaatimukset

Liittyjän tulee pyytää Fingridiltä erityistarkastelutarpeen arviointia voimalaitoksen esisuunnitteluvaiheessa, jos voimalaitos kuuluu tyyppiluokkaan D (taulukko 3.1). Erityistarkastelutarpeen arviointi on osa voimalaitoksen verkkoon liittämisen edellytysten arviointia ja se tulee suorittaa ennen liittymissopimuksen allekirjoittamista. Fingrid suosittelee liittyjää pyytämään erityistarkasteluvaatimusten arviointia jo ennen voimalaitoksen pääkomponenttien sitovan hankintasopimuksen allekirjoittamista sillä erityistarkasteluilla saattaa olla vaikutusta voimalaitoksen laitteiden valintaan ja mitoitukseen sekä hankkeen aikatauluun.

Fingrid arvioi erityistarkastelutarpeen ainakin seuraavien asioiden osalta:

- alisyntroninen vuorovaikutus,
- geomagneettisesti indusoituvat virrat,
- tehoheilahtelujen vaimentuminen,
- pieni liittymispisteen minimoioikosulkuteho,
- suuntaajien vuorovaikutusilmiöt
- tarve verkkosuojalle tai muulle suojausratkaisulle
- tarve voimalaitoksen ulkopuolelta ohjatulle säätöratkaisulle ja
- sähkön laatu.

Mikäli voimalaitosliitynnän tekninen toteutus edellyttää erityistarkastelujen suorittamista, liittyjän tulee suorittaa tarkastelut viimeistään voimalaitosliitynnän suunnitteluvaiheessa yhteistyössä Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa. Mikäli voimalaitoksella käytettävän teknologian vaatimustenmukaisuudesta ei ole soveltuvaa aiempaa näyttöä jota Fingrid voi hyödyntää arvioinnissaan, osa erityistarkasteluista voidaan vaatia suoritettavaksi jo ennen liittymissopimuksen allekirjoittamista. Liittyjällä on vastuu erityistarkastelujen suorittamisesta ja koordinoinnista.

Mikäli erityistarkastelut osoittavat, että voimalaitoksen liittäminen edellyttää toimenpiteitä voimalaitoksen suunnittelun tai toteutuksen osalta, kyseiset toimenpiteet rinnastetaan Vaatimuksiin ja liittyjä vastaa niiden toteuttamisesta.

## 6 Vaatimusten todentamisprosessi, jatkuva seuranta ja niihin liittyvät vastuut

Tässä luvussa kuvataan kaikille tahtikone- ja suuntaajakytketyille voimalaitoksille Vaatimusten todentamisprosessi ja jatkuva seuranta voimalaitosten vaatimustenmukaisuudesta sekä voimalaitosten käyttöönottoilmoitusmenettely. Lisäksi tässä luvussa on määritetty liittyjän, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin vastuut, velvollisuudet ja oikeudet todentamisprosessin ja jatkuvan seurannan aikana. Täsmennykset vastuiden, velvollisuuksien ja oikeuksien osalta on kirjattu vaatimuskohtaisesti tämän asiakirjan luvuissa 7–20.

Liittyjän tulee huomioida, että tässä asiakirjassa kuvattu vaatimusten todentamisprosessi ei sisällä voimalaitoksen liittämisprosessia kokonaisuudessaan. Prosessi on kuvattu ainoastaan järjestelmätekniikan todentamisen osalta. Liittyjän tulee sopia liittynnästä aina liittymispisteen verkonhaltijan kanssa ennen liittynnän suunnittelua. Liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltija solmivat liittymissopimuksen, jossa yksityiskohtaiset liityntäehdot on määritetty. Liityntää ei saa tehdä ilman liittymispisteen verkonhaltijan lupaa.

Näissä vaatimuksissa liittymispisteen verkonhaltijalla tarkoitetaan sähköverkonhaltijaa, jolla on voimassa oleva, Energiaviraston myöntämä lupa harjoittaa sähköverkkotoimintaa. Mikäli voimalaitoksen liittymispisteen verkonhaltijalla ei ole em. lupaa, vaatimuksissa määritellyt oikeudet omaa ja vastuut kantaa se verkkoluvallinen verkonhaltija, jonka verkkoon voimalaitos suoraan tai liittymisverkkonsa kautta liitetään. Vaatimusten mukainen voimalaitoksen liittymispiste on Energiaviraston myöntämän luvan omaavan verkon liittymispiste.

### 6.1 Vastuut, velvollisuudet ja oikeudet todentamisprosessin sekä jatkuvan seurannan aikana

#### 6.1.1 Liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan vastuut, velvollisuudet ja oikeudet

Liittyjällä on vastuu Vaatimusten täyttämistä ja todentamisesta sekä niihin liittyvistä kustannuksista. Liittyjän vastuulla on täyttää ja ylläpitää Vaatimusten mukainen toiminta koko voimalaitoksen käyttöajan ajan.

Liittyjän on ilmoitettava liittymispisteen verkonhaltijalle suunnitelluista koeohjelmista ja menettelyistä, joita noudatetaan sen todentamiseksi, että voimalaitos on Vaatimusten mukainen, hyvissä ajoin ennen niiden aloittamista. Liittymispisteen verkonhaltija määrittää ilmoitusajankohdan. Liittymispisteen verkonhaltijan on hyväksyttävä suunnitellut koeohjelmat ja menettelyt etukäteen. Tämä liittymispisteen verkonhaltijan hyväksyntä on annettava viipymättä, eikä liittymispisteen verkonhaltija saa perusteettomasti pidättäytyä antamasta sitä. Liittymispisteen verkonhaltija voi osallistua kokeisiin ja rekisteröidä voimalaitoksen suorituskyvyn.

Liittymispisteen verkonhaltijalla on oikeus määrittää lisävaatimuksia, jos siihen on tarvetta voimalaitoksen lähellä olevan sähköverkon takia. Mahdollisten ristiriidat Vaatimusten ja liittymispisteen verkonhaltijan määrittämien lisävaatimuksien välillä ratkaistaan Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kesken.



Liittymispisteen verkonhaltijan tulee valvoa Vaatimusten todentamisprosessi voimalaitosprojektin aikana sekä suorittaa prosessin vaatima tiedonvaihto liittyjän ja Fingridin kanssa. Liittymispisteen verkonhaltijan tulee tarkastaa liittyjän toimittamat tiedot ja arvioida, onko voimalaitos Vaatimusten mukainen, ja ilmoittaa arvioinnin tulos liittyjälle.

Liittymispisteen verkonhaltijalla on oikeus pyytää, että liittyjä tekee vaatimustenmukaisuuden varmentamiseen liittyviä tarkistuksia, kokeita ja simulointeja toistuvan suunnitelman tai yleissuunnitelman mukaisesti tai vian, muutoksen tai laitteen korvaamisen jälkeen, joka voi vaikuttaa siihen, onko voimalaitos Vaatimusten mukainen.

Liittymispisteen verkonhaltijan on asetettava julkisesti saataville luettelo toimitettavista tiedoista ja asiakirjoista sekä vaatimukset, jotka liittyjän on täytettävä osana vaatimustenmukaisuuden todentamisprosessia.

Liittymispisteen verkonhaltijan on julkaistava liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan vastuiden jakautuminen vaatimustenmukaisuuden varmentamiseen liittyvien kokeiden, simulointien ja seurannan osalta.

Liittymispisteen verkonhaltija voi siirtää vaatimustenmukaisuuden seurannan joko kokonaan tai osittain kolmansien osapuolten tehtäväksi. Tällaisissa tapauksissa liittymispisteen verkonhaltijan on edelleen varmistettava luottamuksellisuuden noudattaminen (luku 4), mukaan lukien salassapitosopimusten tekeminen tehtävien suorittajan kanssa.

Jos vaatimustenmukaisuuden varmentamiseen liittyviä kokeita tai simulointeja ei voida toteuttaa liittymispisteen verkonhaltijan ja liittyjän sopimalla tavalla liittymispisteen verkonhaltijaan liittyvistä syistä, liittymispisteen verkonhaltija ei saa perusteettomasti pidäytyä antamasta vaatimusten todentamisprosessin mukaista käyttöönottoilmoitusta (luku 6.4).

Liittyjän tulee ylläpitää voimalaitoksen Vaatimusten mukainen toiminta myös vaatimusten todentamisprosessin hyväksytyin suorittamisen jälkeen. Mikäli liittyjä havaitsee voimalaitoksen toiminnan olevan ristiriidassa Vaatimusten kanssa, on liittyjä velvollinen ilmoittamaan tästä viipymättä liittymispisteen verkonhaltijalle ja Fingridille sekä ryhtymään tarvittaviin toimenpiteisiin ristiriidan poistamiseksi.

Liittymispisteen verkonhaltija on velvollinen ilmoittamaan viipymättä liittyjälle ja Fingridille, mikäli verkonhaltija havaitsee missä tahansa voimalaitosprojektin vaiheessa tai voimalaitoksen normaalin käytön aikana, että voimalaitos poikkeaa Vaatimuksista.

### 6.1.2 Fingridin vastuut, velvollisuudet ja oikeudet

Liittymispisteen verkonhaltijan vastuut, velvollisuudet ja oikeudet koskevat Fingridiä, kun voimalaitos liitetään Fingridin verkkoon.

Mikäli Fingrid saa tiedon tai havaitsee voimalaitoksen poikkeavan Vaatimuksista missä tahansa voimalaitosprojektin vaiheessa tai voimalaitoksen normaalin käytön aikana, voi Fingrid vaatia lisäselvitystä ja toimenpiteitä poikkeaman korjaamiseksi. Jos Vaatimuksiin liittyvät voimalaitoksen toiminnan puutteet vaikuttavat sähköjärjestelmän toimintaan, Fingridillä on järjestelmävastaavana oikeus rajoittaa voimalaitoksen toimintaa ja asettaa

voimalaitoksen käyttöön liittyviä ehtoja. Fingridillä on oikeus pitää asetetut rajoitteet voimassa, kunnes voimalaitoksen toiminnassa havaitut puutteet on korjattu ja voimalaitoksen kyky täyttää Vaatimukset on todennettu.

Fingridin edustajalla on oikeus osallistua käyttöönottokokeisiin, kun voimalaitos liitetään kolmannen osapuolen sähköverkkoon.

## 6.2 Voimalaitoksen järjestelmätekniisten ominaisuuksien muuttaminen

Mikäli käytössä olevaan tyyppin C tai D voimalaitokseen tai sen järjestelmätekniisiin ominaisuuksiin vaikuttaviin laitteistoihin tai järjestelmiin tehdään muutoksia, liittyjän tulee ennen muutosten toteuttamista ilmoittaa liittymispisteen verkonhaltijalle muutoksista ja niiden vaikutuksesta voimalaitoksen kykyyn täyttää Vaatimukset.

Liittymispisteen verkonhaltijan vastuulla on arvioida ja asettaa voimassa olevien voimalaitosten järjestelmätekniisten vaatimusten mukaisesti uudet vaatimukset muutosten kohteena oleviin laitteistoihin ja järjestelmiin.

Liittymispisteen verkonhaltijan tulee päivittää olemassa olevaan liittymissopimukseen tieto muutoksien alaisista laitteista ja niihin sovellettavista Vaatimuksista. Jos liittymispisteen verkonhaltija katsoo, että muutos (uudenaikaistaminen tai laitteen korvaaminen) on laajuudeltaan sellainen, että se edellyttää uutta liittymissopimusta, verkonhaltijan on sovittava uuden liittymissopimuksen ehtoista liittyjän kanssa.

Mikäli liittymispisteen verkonhaltija ja liittyjä eivät pääse yksimielisyyteen liittymisehdoista, on asiasta ilmoitettava Energiavirastolle. Energiaviraston on päätettävä, onko voimassa olevaa liittymissopimusta muutettava tai onko tehtävä uusi liittymissopimus, ja miltä osin Vaatimuksia on noudatettava.

## 6.3 Vaiheittain etenevät voimalaitoshankkeet

Liittyjän tulee ottaa huomioon voimalaitoksen tuotantokapasiteetin kehittyminen hankkeen eri vaiheissa sekä voimalaitoksen lopullinen mitoitusteho. Vaiheittain etenevien voimalaitoshankkeiden osalta Vaatimukset määräytyvät voimalaitoksen lopullisen mitoitustehon mukaan.

Liittyjän vastuulla on todentaa, että voimalaitos täyttää Vaatimukset, kun vähintään toinen seuraavista ehdoista täyttyy:

- 1) voimalaitoksen mitoitusteho tai liittymispisteen jännitetaso ylittää Vaatimuksiin liittyvän, taulukon 3.1 mukaisen tyyppirajan,
- 2) voimalaitoksen rakenne tai toiminnallisuudet muuttuvat siten, että muutos vaikuttaa voimalaitoksen järjestelmätekniisiin ominaisuuksiin ja toiminnallisuuksiin.

## 6.4 Voimalaitosten vaatimusten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

### 6.4.1 Tyyppin A voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

Kunkin tyyppin A uuden voimalaitoksen liittämistä koskevaan käyttöönottoilmoitusmenettelyyn on sisällyttävä asennusdokumentin toimittaminen.

Liittyjän on varmistettava, että liittymispisteen verkonhaltijalta saatuun asennusdokumenttiin merkitään vaaditut tiedot ja se toimitetaan liittymispisteen verkonhaltijalle.

Jokaisesta voimalaitoksesta on toimitettava erillinen asennusdokumentti. Liittyjä voi käyttää vaatimustenmukaisuuden todentamiseen asetuksen (EY) N:o 765/2008 mukaisesti annettuja laitetodistuksia.

Liittymispisteen verkonhaltijan on varmistettava, että kolmannet osapuolet voivat toimittaa vaaditut tiedot liittyjän puolesta.

Liittymispisteen verkonhaltijan on määriteltävä asennusdokumentin sisältö. Asennusdokumentissa on oltava vähintään seuraavat tiedot:

- a) paikka, jossa fyysinen liityntä tehdään;
- b) liittymispäivämäärä;
- c) laitteiston mitoitusteho kilowatteina;
- d) primäärienergiälähteen tyyppi;
- e) laitospaikalla sijaitsevista laitteista käytettyjen valtuutetun todentajan antamien laitetodistusten viitetiedot;
- f) sellaisten laitteiden osalta, joista ei ole saatu laitetodistusta, liittymispisteen verkonhaltijan ohjeiden mukaiset tiedot; ja
- g) Liittyjän ja asentajan yhteystiedot ja näiden allekirjoitukset.

Liittyjän on varmistettava, että liittymispisteen verkonhaltijalle ja Energiavirastolle ilmoitetaan voimalaitoksen pysyvästä käytöstä poistamisesta. Liittymispisteen verkonhaltijan on varmistettava, että tällaisen ilmoituksen voivat tehdä kolmannet osapuolet, mukaan luettuina toimitusyhteenliittymät (ts. aggregaattorit).

## 6.4.2 Tyypin B ja C voimalaitosten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

Tyypin B ja C voimalaitosten liittämistä koskevassa käyttöönottoilmoitusmenettelyssä sallitaan valtuutetun todentajan antamien laitetodistusten käyttö.

Kunkin uuden tyypin B voimalaitoksen liittämistä koskevaa käyttöönottoilmoitusmenettelyä varten liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen asiakirja (taulukko 7.1), johon sisältyy vaatimustenmukaisuusilmoitus.

Kunkin uuden tyypin C voimalaitoksen liittämistä koskevaa käyttöönottoilmoitusmenettelyä varten liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen asiakirjat (taulukot 7.2 ja 7.3), joihin sisältyy vaatimustenmukaisuusilmoitus.

Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittyjä merkitsee luvun 7 taulukon Viite-sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset.

Jokaisesta voimalaitoksesta on toimitettava erillinen riippumaton voimalaitoksen asiakirja.

Liittyjän tulee todentaa voimalaitoksen Vaatimusten mukainen toiminta käyttöönottokokein ja toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle Vaatimusten mukaiset tiedot käyttöönottokokeiden jälkeen.

Liittyjän suoritettua Vaatimusten todentamisen mukaiset toimenpiteet, liittymispisteen verkonhaltijan tulee tarkastaa liittyjän toimittamat tiedot ja antaa lausunto Vaatimusten todentamisesta. Hyväksytyään täydellisen ja riittävän voimalaitoksen asiakirjan liittymispisteen verkonhaltijan on annettava liittyjälle lopullinen käyttöönottoilmoitus.

Lopullisen käyttöönottoilmoituksen antamisen jälkeen liittymispisteen verkonhaltija toimittaa Vaatimusten mukaiset tiedot Fingridille. Mikäli liittymispisteen verkonhaltija kieltäytyy antamasta lopullista käyttöönottoilmoitusta, tulee perustelu ja vaaditut toimenpiteet asian korjaamiseksi esittää liittyjälle.

Voimalaitostietojen dokumentointi ja toimittaminen on määritetty luvussa 7. Reaaliaikaiset mittaukset ja instrumentointi on määritetty luvussa 9. Vaatimusten todentaminen käyttöönottokokein on määritetty luvuissa 14 ja 19. Mallinnusvaatimukset ja todentaminen on määritetty luvuissa 15 ja 20.

Vaatimusten todentamiseen liittyvien toimenpiteiden tulee olla hyväksytysti suoritettuina viimeistään 12 kk kuluttua hetkestä, jolloin voimalaitos on ensimmäisen kerran syöttänyt pätötehoa sähköjärjestelmään.

Liittyjän on varmistettava, että liittymispisteen verkonhaltijalle ja Energiavirastolle ilmoitetaan voimalaitoksen pysyvästä käytöstä poistamisesta.

## 6.4.3 Tyypin D voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

### 6.4.3.1 Todentamisprosessin vaiheistus

Liittyjän ja liittymispisteen verkonhaltijan tulee suorittaa tyypin D voimalaitoksen todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely vaiheittain taulukon 6.1 mukaisesti. Taulukossa 6.1 esitetty menettely on kuvattu yksityiskohtaisesti vaiheittain tämän luvun alaluvuissa. Todentamisprosessin toteutuksesta osana voimalaitosprojektia tulee sopia mahdollisimman aikaisin projektin esisuunnitteluvaiheessa luvussa 6.4.3.2 kuvatulla tavalla. Liittyjän suoritettua Vaatimusten mukaiset toimenpiteet kussakin vaiheessa vaaditussa laajuudessa, liittymispisteen verkonhaltija tarkastaa toimitetut tiedot ja vahvistaa vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen vaihekohtaisesti sekä toimittaa kunkin vaiheen jälkeen vaaditun kytkentä- tai käyttöönottoilmoituksen liittyjälle. Liittymispisteen verkonhaltijan tulee valvoa Vaatimusten todentamisprosessi, mukaan lukien käyttöönottokokeet voimalaitosprojektin aikana, sekä suorittaa prosessin vaatima tiedonvaihto liittyjän ja Fingridin kanssa. Liittymispisteen verkonhaltija toimittaa Vaatimusten mukaiset tiedot Fingridille prosessin kunkin vaiheen vahvistamisen jälkeen.

Voimalaitostietojen dokumentointi ja toimittaminen on määritetty luvussa 7. Reaaliaikaiset mittaukset ja instrumentointi on määritetty luvussa 9. Vaatimusten todentaminen käyttöönottokokein on määritetty luvuissa 14 ja 19. Mallinnusvaatimukset ja todentaminen on määritetty luvuissa 15 ja 20.

Liittyjän on varmistettava, että liittymispisteen verkonhaltijalle ja Energiavirastolle ilmoitetaan voimalaitoksen pysyvästä käytöstä poistamisesta.

**Taulukko 6.1. Voimalaitoksen Vaatimusten todentamisprosessi, käyttöönottoilmoitusmenettely ja aikatauluvaatimukset tyypin D voimalaitoksille.**

Prosessin vaihe	Edellytys	Aikatauluvaatimus ja lisätiedot
Vaihe 0 (Esisuunnittelu) <ul style="list-style-type: none"> <li>Erylistarkasteluista sopiminen (luku 5)</li> <li>Vaatimustenmukaisuuden todentamisprosessi ml. todentamistavat ja seuranta</li> <li>Tekniset määritelmät</li> </ul>	Voimalaitoksen toteutuksen edellyttämät tiedot ovat valmiina teknisen suunnittelun käynnistämiseksi.	Mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ennen liittymissopimuksen tekemistä .
EON - kytkentäilmoitus	Fyysinen verkkoliityntä on valmis käyttöönottoon.	Liityntä tulee toteuttaa liittymissopimuksen ehtojen mukaisesti. KytKentäilmoituksen saatuaan liittyjä saa oikeuden kytkeä sähköt liittymispisteen takaiseen verkkoon.
Vaihe 1 (Suunnittelu): <ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittelutiedot</li> <li>Mallinnustiedot</li> <li>Vaaditut laskelmat</li> <li>Projektikohtaiset alustavat asetteluarvot</li> <li>Reaaliaikaisten mittaustietojen toimitustapa</li> <li>Vaatimustenmukaisuusilmoitus</li> </ul>	Liittyjä voi toimittaa vaiheen 1 tiedot heti kun ne ovat saatavilla.	Vaiheen 1 tiedot tulee toimittaa mahdollisimman aikaisin, vähintään 6 kuukautta ennen suunniteltua sähköntuotannon aloitusajankohtaa, jotta voimalaitoksen väliaikainen käyttöönottoilmoitus voidaan käsitellä.  Toimitettavat tiedot on listattu luvussa 7.4.
ION - väliaikainen käyttöönottoilmoitus	Liittyjä on toimittanut vaiheen 1 mukaiset tiedot ja toteuttanut reaaliaikamittaukset. Jatkuva toiminen tallenninjärjestelmä sekä mahdollinen kaukokäyttöyhteys on testattu ja toiminnassa. Liittymispisteen verkonhaltija on vahvistanut vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen.	Väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen saatuaan liittyjä saa oikeuden käyttää voimalaitosta ja tuottaa sähköä liittymispisteeseen enintään 18 kuukauden ajan.

Vaihe 2 (Käyttöönotto ja todentaminen): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muutokset ja päivitykset vaiheen 1 tietoihin</li> <li>• Käyttöönottokokeiden suunnittelu ja toteutus</li> <li>• Koetulosten raportointi</li> <li>• Mallinnustietojen validointi</li> <li>• Säättäjien ja suojauksen lopulliset asetteluarvot</li> <li>• Vaatimustenmukaisuus-ilmoitus</li> </ul>	Liittymispisteen verkkonhaltija on antanut väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen.	Liittyjän on toimitettava käyttöönottokoesuunnitelma liittymispisteen verkkonhaltijalle viimeistään 2 kuukautta ennen suunniteltua kokeiden aloittamista. Käyttöönottokokeet on suoritettava hyväksytysti 9 kuukauden sisällä, ja vaiheen 2 toimenpiteet 12 kuukauden sisällä, hetkestä, jolloin voimalaitos on syöttänyt ensimmäisen kerran päätötehoa sähköjärjestelmään. Toimitettavat tiedot on listattu luvussa 7.4.
Vaihe 3 (Tarkastus ja hyväksyntä): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toimitettujen tietojen tarkastus</li> <li>• Prosessin hyväksyntä</li> </ul>	Liittyjä on toimittanut vaiheen 2 mukaiset tiedot ja toteuttanut toimenpiteet sekä Liittymispisteen verkkonhaltija on vahvistanut vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen.	Liittymispisteen verkkonhaltijan tulee tarkastaa toimitetut tiedot ja vahvistaa vaadittujen toimenpiteiden suorittaminen. Liittymispisteen verkkonhaltijan tulee toimittaa lausunto vaatimusten todentamisesta viimeistään 3 kuukauden kuluttua vaiheen 2 tietojen vastaanottamisen jälkeen.
FON - lopullinen käyttöönottoilmoitus	Liittymispisteen verkkonhaltija on vahvistanut vaiheen 3 toimenpiteiden toteuttamisen.	Lopullisen käyttöönottoilmoituksen saatuaan liittyjä saa oikeuden käyttää voimalaitosta ja tuottaa sähköä liittymispisteeseen toistaiseksi.

### 6.4.3.2 Vaihe 0 (Esisuunnittelu)

Liittyjän tulee sopia mahdollisimman varhain – voimalaitosprojektin esisuunnitteluvaiheessa ennen liittymissopimuksen allekirjoittamista – liittymispisteen verkkonhaltijan ja Fingridin kanssa voimalaitoksen vaatimustenmukaisuuden todentamisesta osana projektia.

Liittyjän vastuulla on järjestää todentamisprosessia käsittelevä aloituskokous, johon kutsutaan liittymispisteen verkkonhaltija ja Fingrid. Kokouksessa

- tarkastetaan hankkeen tekniset lähtötiedot ja keskeiset suunnitteluperiaatteet
- sovitaan luvun 5 mukaisten erityistarkasteluiden suorittamisesta hankkeeseen kohdistuvien tarkempien vaatimusten määrittämiseksi ja huomioimiseksi.
- sovitaan todentamisprosessin vaiheiden seurantaan ja dokumentointiin liittyvät käytännöt.
- käydään läpi todentamisprosessin aikataulu voimalaitoshankkeen aikataulua vasten.

#### 6.4.3.3 Fyysisen liittynän rakentaminen ja kytkentäilmoitus (EON)

Fyysinen verkkoliityntä toteutetaan liittäjän ja liittymispisteen verkonhaltijan solmiman liittymissopimuksen mukaisesti. Kun liityntä on valmis käyttöön otettavaksi, liittymispisteen verkonhaltija tarkastaa liittymissopimuksen ehtojen vaatimustenmukaisuuden ja antaa liittyjälle kytkentäilmoituksen.

Kytkentäilmoitus antaa liittyjälle oikeuden kytkeä sähköt hallitsemaansa liittymispisteen takaiseen sähköverkkoon ja siellä sijaitseviin voimalaitoksen apulaitteisiin. Kytkentäilmoitus ei oikeuta pätötehon syöttämiseen liittymispisteeseen.

#### 6.4.3.4 Vaihe 1 (Suunnittelu) ja väliaikainen käyttöönottoilmoitus (ION)

Vaiheessa 1 liittjä toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle luvussa 7.4 listatut tiedot sekä toteuttaa reaaliaikamittauksen voimalaitokselle luvun 9 ohjeistuksen mukaisesti.

Liittäjän tulee toimittaa vaiheen 1 tietojen toimituksen osana vaatimustenmukaisuusilmoitus. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittjä merkitsee taulukon 7.2 viite sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset. Kirjallinen vaatimustenmukaisuusilmoitus voidaan korvata Fingridin sähköisessä palvelussa annetulla vaatimustenmukaisuusilmoituksella.

Vaiheen 1 tiedot tulee toimittaa mahdollisimman aikaisin, vähintään kuusi kuukautta ennen suunniteltua sähköntuotannon aloitusajankohtaa, jotta voimalaitoksen väliaikainen käyttöönottoilmoitus voidaan käsitellä ajoissa. Tiedot toimitetaan Fingridin sähköiseen palveluun. Liittymispisteen verkonhaltija tarkastaa toimitetut tiedot lukuun ottamatta mallinnustietoja, jotka tarkastaa Fingrid. Hyväksyttyään tiedot ja saatuaan Fingridiltä hyväksynnän mallinnustiedoille, vahvistaa liittymispisteen verkonhaltija vaadittujen toimenpiteiden toteuttamisen sekä toimittaa väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen liittyjälle.

Voimalaitoksen jatkuvatoimisen tallenninjärjestelmän, reaaliaikamittausten ja mahdollisen kaukokäyttöyhteyden tulee olla testattu ja toiminnassa ennen väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen toimittamista liittyjälle.

Väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen voimassaoloaika on 18 kuukautta ja tänä aikana liittjä saa oikeuden käyttää voimalaitostaan ja tuottaa sähköä liittymispisteeseen.

Väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen voimassaoloaika voi pidentää perustellusta syystä korkeintaan 6 kuukautta. Voimassaoloajan pidennystä tulee anoa liittymispisteen verkonhaltijalta ja Fingridiltä, jotka voivat yksimielisellä päätöksellä pidentää väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen voimassaoloaika. Mikäli tästä on edelleen tarpeen poiketa, tulee poikkeama anoa luvussa 8 esitetyn menettelyn mukaisesti.

#### 6.4.3.5 Vaihe 2 (Käyttöönotto ja todentaminen)

Vaiheessa 2 liittjä suorittaa voimalaitoksen käyttöönottokokeiden suunnittelun ja toteutuksen sekä toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle luvussa 7.4 listatut tiedot. Lisäksi vaiheen 1 tietojen mahdolliset muutokset ja päivitykset tulee toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle vaiheessa 2.

Liittyjän tulee toimittaa vaiheen 2 tietojen toimituksen osana vaatimustenmukaisuusilmoitus. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittyjä merkitsee taulukon 7.3 Viite-sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset. Kirjallinen vaatimustenmukaisuusilmoitus voidaan korvata Fingridin sähköisessä palvelussa annetulla vaatimustenmukaisuusilmoituksella.

Vaiheen 2 toimenpiteiden edellytyksenä on väliaikainen käyttöönottoilmoitus. Kaikki vaiheen 2 toimenpiteet on saatettava valmiiksi väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen voimassaoloaikana.

Käyttöönottokokeiden suunnittelun osalta liittyjän on toimitettava käyttöönottokoesuunnitelma liittymispisteen verkonhaltijalle viimeistään 2 kuukautta ennen suunniteltua kokeiden aloittamista. Käyttöönottokokeet on suoritettava hyväksytysti 9 kuukauden sisällä, ja vaiheen 2 toimenpiteet 12 kuukauden sisällä, hetkestä, jolloin voimalaitos on syöttänyt ensimmäisen kerran pätötehoa sähköjärjestelmään. Mikäli käyttöönottokokeiden suorittaminen mainitussa aikataulussa ei ole perustellusta syystä mahdollista esimerkiksi tuotannon sääriippuvuudesta johtuen, Liittyjä voi anoa lisääaikaa kokeiden suorittamiselle huomioiden kuitenkin väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen voimassaoloajan. Lisääaikaa tulee anoa liittymispisteen verkonhaltijalta ja Fingridiltä, jotka voivat yksimielisellä päätöksellä myöntää lisäajan käyttöönottokokeiden ja vaiheen 2 toimenpiteiden suorittamiselle.

#### 6.4.3.6 Vaihe 3 (Tarkastus ja hyväksyntä) ja lopullinen käyttöönottoilmoitus (FON)

Vaiheessa 3 liittymispisteen verkonhaltija tarkastaa kaikki prosessin aikana toimitetut tiedot ja vahvistaa vaadittujen toimenpiteiden suorittamisen. Liittymispisteen verkonhaltijan tulee toimittaa lausunto Vaatimusten todentamisesta viimeistään 3 kuukauden kuluttua vaiheen 2 tietojen vastaanottamisen jälkeen. Mikäli prosessin aikana toimitetuissa tiedoissa ei ole huomautettavaa, tulee liittymispisteen verkonhaltijan antaa lopullinen käyttöönottoilmoitus.

Lopullinen käyttöönottoilmoitus on voimassa toistaiseksi ja se oikeuttaa liittyjän käyttämään voimalaitosta sekä tuottamaan sähköä liittymispisteeseen.

#### 6.4.3.7 Rajoitettu käyttöönottoilmoitus (LON)

Rajoitettu käyttöönottoilmoitusmenettely astuu voimaan, kun voimalaitoksella tapahtuu merkittäviä ja odottamattomia muutoksia, jotka vaikuttavat voimalaitoksen kykyyn täyttää Vaatimukset. Liittyjän, jolle on annettu lopullinen käyttöönottoilmoitus, on välittömästi ilmoitettava liittymispisteen verkonhaltijalle seuraavista olosuhteista:

- voimalaitoksella toteutetaan tilapäisesti merkittäviä muutoksia tai sen suorituskyky on tilapäisesti heikentynyt; tai
- havaitaan laitevika, joka johtaa jonkin Vaatimuksen noudattamatta jättämiseen.

Liittyjän on haettava liittymispisteen verkonhaltijalta rajoitettua käyttöönottoilmoitusta, jos liittyjä perustellusti odottaa, että ym. olosuhteet jatkuvat yli kolme kuukautta.



Liittymispisteen verkonhaltijan on annettava rajoitettu käyttöönottoilmoitus, johon on sisällyttävä seuraavat selkeästi yksilöidyt tiedot:

- ratkaisemattomat asiat, jotka oikeuttavat rajoitetun käyttöönottoilmoituksen antamisen;
- odotettuun ratkaisuun liittyvät vastuut ja määräajat; ja
- voimassaoloaika, joka saa olla enintään 12 kuukautta. Myönnetty ensimmäinen voimassaoloaika voi olla lyhyempi ja sitä voidaan jatkaa, jos liittymispisteen verkonhaltijalle esitetään sitä tyydyttävät todisteet siitä, että täydellisen vaatimustenmukaisuuden saavuttamisessa on edistytty merkittävästi.

Lopullisen käyttöönottoilmoituksen voimassaolo on keskeytettävä rajoitetun käyttöönottoilmoituksen voimassaoloajaksi niiden kohtien osalta, joita varten rajoitettu käyttöönottoilmoitus on annettu.

Rajoitetun käyttöönottoilmoituksen voimassaoloaika voidaan jatkaa edelleen, jos liittymispisteen verkonhaltijalle esitetään poikkeuspyyntö ennen voimassaoloajan päättymistä luvun 8 poikkeamamenettelyn mukaisesti.

Liittymispisteen verkonhaltijalla on oikeus kieltäytyä hyväksymästä voimalaitoksen käyttö rajoitetun käyttöönottoilmoituksen voimassaolon päätyttyä. Tällaisessa tapauksessa lopullinen käyttöönottoilmoitus ei ole enää voimassa.

Jos liittymispisteen verkonhaltija ei jatka rajoitetun käyttöönottoilmoituksen voimassaoloa poikkeuspyyntöä anottaessa tai jos se kieltäytyy hyväksymästä voimalaitoksen käytön rajoitetun käyttöönottoilmoituksen voimassaolon päätyttyä, liittyjä voi antaa asian Energiaviraston päätettäväksi kuuden kuukauden kuluessa liittymispisteen verkonhaltijan päätöksen ilmoittamisesta.

## **7 Voimalaitostietojen dokumentointi ja toimittaminen**

### **7.1 Tyypin A voimalaitoksesta toimitettavat tiedot**

Liittymispisteen verkonhaltija määrittää tyypin A voimalaitoksesta toimitettavat tiedot, luvun 6.4.1 ohjeistuksen mukaisesti.

### **7.2 Tyypin B voimalaitoksesta toimitettavat tiedot**

Tyypin B voimalaitoksesta on toimitettava taulukon 7.1 mukaiset tiedot. Lisäksi tahtikonevoimalaitoksesta on toimitettava taulukon 7.4 mukaiset tiedot. Liittyjän tulee toimittaa nämä voimalaitostiedot liittymispisteen verkonhaltijalle sähköisinä asiakirjoina käyttöönottokokeiden jälkeen. Toimitettavien tietojen on oltava kirjoitusasultaan ja rakenteeltaan selkeitä ja yksiselitteisiä. Liittymispisteen verkonhaltijan on toimitettava tiedot Fingridille. Tiedot toimitetaan Fingridin sähköiseen palveluun.

Liittyjän tulee toimittaa toimitettavien tietojen osana vaatimustenmukaisuusilmoitus. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittyjä merkitsee taulukon 7.1 Viite-sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset. Kirjallinen vaatimustenmukaisuusilmoitus voidaan korvata Fingridin sähköisessä palvelussa annetulla vaatimustenmukaisuusilmoituksella.

**Taulukko 7.1. Tyyppin B voimalaitoksesta toimitettavat tiedot.**

1 Yleistiedot	Viite
1.1 Sähköpääkaavio (single line diagram)	
1.2 Rakenne	
Voimalaitoksen tyyppi (esim. tuulivoima, aurinkovoima, biomassa, kaasutus)	
Perustiedot (esim. tuulivoimalaitoksesta tornin korkeus, roottorin halkaisija, suuntaajakäyttö yms.)	
1.3 Sijaintitieto (paikkakunta, alue, liittymispiste, koordinaatit)	
1.4 Tietoliikenneyhteyksien yhteyskaavio (CSA, Common Service Architecture) ja tietoturvasuunnitelma	
<b>2 Muuntajien tekniset tiedot:</b>	
2.1 Voimalaitoksen muuntajien lukumäärä, toimittaja- ja tyyppitiedot	
2.2 Muuntajien dokumentaatio ja datalehdet	
Teho [MVA], virta [A], muuntosuhde [ensiö/toisio], oikosulkuimpedanssi [%], oikosulkuresistanssi [%], kytentäryhmä ja maadoitustiedot, käämikytimen säätöalue ja askel [%,%], käämikytimen askeleiden määrä ja valittu askel [kpl, askel]	
<b>3 Voimalaitoksen tekniset tiedot:</b>	
3.1 Sähköntuotantoyksiköiden lukumäärä, toimittaja- ja tyyppitiedot	
3.4 Sähköntuotantoyksiköiden dokumentaatio ja datalehdet	
Näennäisteho [MVA], mitoitusteho [MW], maksimiteho [MW], minimiteho [MW], virta [A], jännite [V], taajuus [Hz]	
Tahtikoneista sähköiset parametrit (resistanssit, reaktanssit ja niihin liittyvät aikavakiot) ks. taulukko 7.4	
3.5 Tuotantotehon riippuvuus käyttöolosuhteista (esim. tuulen voimakkuus, lämpötila)	
3.6 Mahdollisesti käytössä olevat kompensointi- ja/tai tehokertoimen korjaamisessa käytettävät laitteet	
Lukumäärä, tyyppi, mitoitusarvot (teho, virta, jännite, taajuus)	
Mikäli hyödynnetään yliaaltojen suodatukseen, tiedot rakenteesta ja viritystaajuudesta	
<b>4 Voimalaitoksen ominaisuudet:</b>	
Seuraavat kohdat voidaan korvata esim. valmistajan laitedokumenteilla, IEC61400-21 standardin mukaisella testausdokumentaatiolla tai muulla testausdokumentaatiolla	
4.1 Tiedot voimalaitoksen loistehokapasiteetista ja generaattoreiden PQ-diagrammit	
4.2 Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylijännitteellä	
4.3 Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylitaajuudella	
4.4 Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia jännitehäiriöiden yhteydessä	
4.5 Tiedot voimalaitoksen vikavirran syötöstä jännitehäiriön aikana	
4.6 Tiedot voimalaitoksen päteohensäätöominaisuuksista	
4.7 Tiedot voimalaitoksen jänniteensäätöominaisuuksista	
<b>5 Voimalaitoksen suojaustiedot:</b>	
5.1 Voimalaitoksen relesuojauskaavio	
5.2 Voimalaitoksen lopulliset relesuojasasettelut	
5.3 Tiedot saarekesuojan toimintaperiaatteesta	
<b>6 Käyttöönottodokumentit:</b>	
6.1 Käyttöönottopöytäkirjat	
6.2 Jänniteensäädön lopulliset asetteluarvot ja toimintatila	
<b>Vaatimustenmukaisuusilmoitus</b>	
Liittäjän edustaja vahvistaa allekirjoituksellaan, että tämän taulukon viitetietojen osoittamat dokumentit todentavat voimalaitoksen täyttävän sille asetetut Vaatimukset. Paikka, aika, allekirjoitus ja nimenselvennys:	

### 7.3 Tyypin C voimalaitoksesta toimitettavat tiedot

Tyypin C voimalaitoksista on toimitettava taulukoiden 7.2 ja 7.3 mukaiset tiedot. Lisäksi tahtikonevoimalaitoksista on toimitettava taulukon 7.4 mukaiset tiedot. Liittyjän tulee toimittaa nämä voimalaitostiedot liittymispisteen verkonhaltijalle sähköisinä asiakirjoina käyttöönottokokeiden jälkeen. Toimitettavien tietojen on oltava kirjoitusasultaan ja rakenteeltaan selkeitä ja yksiselitteisiä. Liittymispisteen verkonhaltijan on toimitettava tiedot Fingridille. Tiedot toimitetaan Fingridin sähköiseen palveluun.

Fingrid tarkastaa voimalaitoksesta laaditut mallinnustiedot. Huolimatta edellä mainitusta velvoitteesta toimittaa mallinnustiedot Fingridille vasta käyttöönoton jälkeen, Fingrid suosittelee mallinnustietojen toimittamista Fingridille tarkastettavaksi jo hyvissä ajoin (vähintään 6 kuukautta) ennen laitteiston käyttöönottoa.

Liittyjän tulee toimittaa toimitettavien tietojen osana vaatimustenmukaisuusilmoitus. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittyjä merkitsee taulukoiden 7.2 ja 7.3 Viite-sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset. Kirjallinen vaatimustenmukaisuusilmoitus voidaan korvata Fingridin sähköisessä palvelussa annetulla vaatimustenmukaisuusilmoituksella.

### 7.4 Tyypin D voimalaitoksesta toimitettavat tiedot

#### 7.4.1 Voimalaitostietojen toimittaminen ja aikataulu

Liittyjän on toimitettava voimalaitostietoja liittymispisteen verkonhaltijalle tyypin D voimalaitoksista luvussa 6.4.3 määritetyn voimalaitoksen vaatimusten todentamisprosessin mukaisesti:

- 1) Todentamisprosessin vaiheessa 1 tulee toimittaa taulukon 7.2 mukaiset tiedot. Lisäksi tahtikonevoimalaitoksista on toimitettava taulukon 7.4 mukaiset tiedot.
- 2) Todentamisprosessin vaiheessa 2 tulee toimittaa taulukon 7.3 mukaiset tiedot.

Liittyjän tulee toimittaa nämä voimalaitostiedot liittymispisteen verkonhaltijalle sähköisinä asiakirjoina voimalaitoksen todentamisprosessin mukaisesti. Toimitettavien tietojen on oltava kirjoitusasultaan ja rakenteeltaan selkeitä ja yksiselitteisiä. Liittymispisteen verkonhaltijan on toimitettava tiedot Fingridille. Tiedot toimitetaan Fingridin sähköiseen palveluun.

Liittyjän tulee toimittaa toimitettavien tietojen osana vaatimustenmukaisuusilmoitus. Vaatimustenmukaisuusilmoituksessa liittyjä merkitsee taulukoiden 7.2 ja 7.3 Viite-sarakkeeseen kunkin toimitetun dokumentin tai muun tiedoston nimen ja vahvistaa allekirjoituksellaan, että voimalaitos täyttää asetetut Vaatimukset. Kirjallinen vaatimustenmukaisuusilmoitus voidaan korvata Fingridin sähköisessä palvelussa annetulla vaatimustenmukaisuusilmoituksella.

## 7.4.2 Toimitettavat tiedot

Tyypin D voimalaitoksista toimitettavat tiedot on määritetty taulukoissa 7.2 ja 7.3. Taulukossa 7.4 on määritetty tahtikonevoimalaitoksista toimitettavat lisätiedot. Taulukoissa on viitattu joidenkin toimitettavien tietojen kohdalla tämän asiakirjan lukuihin, joissa aihetta ja toimitettavaa tietoa on käsitelty laaja-alaisemmin.

**Taulukko 7.2. Tyypin C ja D voimalaitoksista toimitettavat tiedot. Tyypin D voimalaitoksista taulukon mukaiset tiedot on toimitettava todentamisprosessin Vaiheessa 1.**

Vaihe 1 (Suunnittelu)		Viite
<b>1</b>	<b>Yleistiedot</b>	
1.1	Hankkeen nimi ja yhteystiedot, liittymispiste, liittymispisteen verkonhaltija ja yhteystiedot	
1.2	Sähköpääkaavio (single line diagram) Voimalaitoksen keskeisimmät komponentit ja niitä yhdistävä sähköverkko Pääkaaviossa esitettyjen komponenttien ja johdinten sähköiset parametrit	
1.3	Tyypitiedot Voimalaitoksen tuotantotyyppi ja polttoaine (esim. tuulivoima, vesivoima, lauhdevoima [kivihiili]) Perustiedot (esim. tuulivoimalaitoksesta tornin korkeus, roottorin halkaisija, suuntaajakäyttö yms.)	
1.4	Sijaintitieto (paikkakunta, alue, liittymispiste, koordinaatit)	
1.5	Tietoliikenneyhteyksien yhteyskaavio (CSA, Common Service Architecture) ja tietoturvasuunnitelma (luku 10.3.7)	
<b>2</b>	<b>Tekniset tiedot</b>	
2.1	Sähköntuotantoyksiköiden lukumäärä, toimittaja- ja tyypitiedot	
2.2	Sähköntuotantoyksiköiden dokumentaatio ja datalehdet Tuotantoyksiköiden näennäisteho [MVA], mitoitusteho [MW], minimiteho [MW], virta [A], jännite [V], taajuus [Hz] Tahtikoneista taulukon 7.4 mukaiset tiedot Vesivoimalaitoksista vesiaikavakio ( $T_w$ )	
2.3	Muuntajien dokumentaatio ja datalehdet Teho [MVA], virta [A], muuntosuhde [ensio/toisio], oikosulkuiмпedanssi [%], oikosulkuresistanssi [%], kytkentäryhmä ja maadoitustiedot, käämikytkimen säätöalue ja askel [%,%], käämikytkimen askeleiden määrä ja valittu askel [kpl, askel]	
2.4	Muiden komponenttien dokumentaatio ja datalehdet Soveltuvin osin vastaavat tiedot kuin sähköntuotantoyksiköistä (kohta 2.2) ja muuntajista (kohta 2.3) sekä kaikki ne tiedot, joilla on merkitystä Vaatimusten kannalta (esim. rakenne, suodatimen viritystaajuus)	
<b>3</b>	<b>Jännite-taajuus toiminta-alue</b>	
3.1	Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylijännitteellä (luku 10.2.1 tai 10.5.2)	
3.2	Tiedot voimalaitoksen kyvystä toimia ali- ja ylitaajuudella (luku 10.2.1 tai 10.5.2)	
3.3	Tiedot voimalaitoksen taajuuden muutosnopeuden sietokyvystä (luku 10.2.2)	
<b>4</b>	<b>Lähivika- ja ylijännitekestoisuus</b>	
4.1	Laskelma voimalaitoksen toiminnasta jännitehäiriön aikana ja mahdolliset tehdaskokeiden raportit (luku 10.3.2 tai 10.5.3)	
4.2	Tiedot voimalaitoksen toiminnasta lyhytaikaisen ylijännitteen aikana (luku 10.3.3)	
4.3	Tiedot suuntaajakytetyn voimalaitoksen loisvirran syötöstä (luku 18.1.2)	
4.4	Tiedot päätötehon palautumisesta jännitehäiriön jälkeen (luku 10.3.4)	
<b>5</b>	<b>Pätötehon ja taajuuden säätö</b>	
5.1	Dokumentaatio ja kuvaus päätötehon ja taajuuden säädöstä (luku 11 tai 16) Dokumentaatio säätöjärjestelmän toteutuksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Siirtofunktiona kuvattu toiminnallinen lohko-kaavioesitys säädön toteutuksesta (esim. IEEE PES-TR1 mukaan).	
5.2	Säätäjille aseteltavat parametrit ja toimintaviiveet	
<b>6</b>	<b>Omakäyttö ja tuotantotehon muutokset</b>	
6.1	Tiedot voimalaitoksen toiminnasta omakäytöllä (luku 11.3.5) Voimalaitoksen omakäyttötehon suuruus, toiminta-aika omakäytöllä, mahdolliset viiveet omakäytölle siirtymisen ja verkkoon tahdistumisen suhteen sekä omakäytölle siirtymisen rajoitteet	
6.2	Tuotantotehon muutokset Tuotantotehon muutokset taajuus- ja jännitevaihteluiden yhteydessä Tuotantotehon riippuvuus käyttöolosuhteista (esim. lämpötila, tuulen nopeus) Tuotantotehon alasarjoon johtavat käyttöolosuhteet (esim. maksituulennopeuden raja-arvo) Tuotantotehon muutosnopeus, muutosnopeuden rajoittimien toiminnallisuus sekä rajoitteet	

**Taulukko 7.2 jatkuu.**

<b>7</b>	<b>Voimalaitoksen loistehokapasiteetti</b>	
7.1	Loistehokapasiteetilaskelma (luku 12.2.4 tai 17.2.4)	
7.2	PQ-diagrammit	
	Voimantuotantoyksiköiden tai generaattoreiden PQ-diagrammit sekä tiedot niiden jännite-taajuusriippuvuudesta. PQ-diagrammeihin tulee merkitä loistehoa rajoittavien rajoittimien asetellut.	
7.3	Muut loistehoon vaikuttavat komponentit	
	Loistehoa tuottavat (esim. kondensaattori tai STATCOM) ja kuluttavat komponentit sekä niiden toiminta komponentteihin vaikuttavien suureiden (esim. jännite, pätöteho) funktiona	
<b>8</b>	<b>Jännitteen ja loistehon säätö</b>	
8.1	Dokumentaatio ja kuvaus jännitteen ja loistehon säädöstä (luku 13 tai 18)	
	Dokumentaatio säätöjärjestelmän toteutuksesta ja teknisistä ominaisuuksista.	
	Siirtofunktiona kuvattu toiminnallinen lohko-kaavioesitys säädön toteutuksesta (esim. IEEE 421.5 mukaan).	
8.2	Säätäjille aseteltavat parametrit ja toimintaviiveet	
8.3	Jännitteensäädön suorituskyky-laskelma (luku 13.2.3 tai 18.2.2.1)	
<b>9</b>	<b>Voimalaitoksen suojausasetellut ja vaikutus sähkön laatuun</b>	
9.1	Suojausasetellut (luku 10.3.5)	
	Tiedot generaattoreiden ja laitostason relesuojauskaaviosta ja kuvattujen suojien asetteluista. Tiedot on toimitettava suojusta, jotka johtavat generaattorin/laitoksen verkosta irtoamiseen sekä suojusta, joiden toiminta johtaa generaattorin/voimalaitoksen pätötehon, loistehon tai jännitteen rajoittamiseen tai automaattiseen muuttamiseen.	
9.2	Voimalaitoksen vaikutus sähkön laatuun (luku 10.4.5)	
	Kuvaus voimalaitoksen verkkoonliittymisen aiheuttamasta sähkön laadun muutoksesta sekä mahdolliset tehdaskokeiden raportit (esim. IEC61400-21) mukaan.	
<b>10</b>	<b>Dynaamisen toiminnan laskentaan tarvittavat tiedot</b>	
	Projekti-kohtaiset dynaamisen toiminnan mallintamiseen tarvittavat tiedot tai laskentamallit Vaatimusten mukaisesti (luku 15 tai 20)	
<b>11</b>	<b>Reaaliaikaiset mittaustiedot ja instrumentointi</b>	
11.1	Reaaliaikaisten mittaustietojen toimitustapa ja todennus (luku 9.3 ja 10.4.1)	
11.2	Tallentimien tekniset tiedot ja asetellut (luku 9.4 tai 9.5)	
<b>12</b>	<b>Erityistarkasteluvaatimukset</b>	
	Vaadittavat erityistarkastelut Vaatimuksiin liittyen (luku 5)	
<b>13</b>	<b>Voimalaitosprojektin aikataulu ja käyttöönotto</b>	
	Voimalaitoshankkeen aikataulu ja Vaatimuksiin liittyvien käyttöönottokokeiden suunniteltu ajankohta. Myös mahdolliset optiot projektin laajentumiselle ja jo tiedossa olevat tulevaisuuden laajennussuunnitelmat tulee ilmoittaa.	
	<b>Vaatimustenmukaisuusilmoitus</b>	
	Liittyjän edustaja vahvistaa allekirjoituksellaan, että tämän taulukon viitetietojen osoittamat dokumentit todentavat voimalaitoksen täyttävän sille asetetut Vaatimukset. Paikka, aika, allekirjoitus ja nimenselvitys:	

**Taulukko 7.3. Tyypin C ja D voimalaitoksista toimitettavat tiedot. Tyypin D voimalaitoksista taulukon mukaiset tiedot on toimitettava todentamisprosessin Vaiheessa 2.**

Vaihe 2 (Käyttöönotto ja todentaminen)		Viite
<b>1</b>	<b>Muutokset ja täsmennykset</b>	
	Muutokset ja täsmennykset todentamisprosessin vaiheessa 1 toimitettuihin tietoihin	
<b>2</b>	<b>Käyttöönottokokeisiin liittyvät tiedot</b>	
<b>2.1</b>	<b>Käyttöönotto-ohjelma (luku 14.3.1 tai 19.3.1)</b>	
	Yksityiskohtainen käyttöönotto-ohjelma, voimalaitostoimittajan antamat käyttöönotto-ohjeet ja kuvaus kokeiden käytännön järjestelyistä. Vaatimusten todentamiseksi tulee toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle viimeistään 2 kk ennen kokeiden aloittamista.	
<b>2.2</b>	<b>Käyttöönoton aikataulu (luku 14.3.1 tai 19.3.1)</b>	
	Käyttöönoton aikataulu, myöhemmät muutokset käyttöönoton aikatauluun tulee koordinoida liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.	
<b>2.3</b>	<b>Mittausjärjestelyt (luku 14.3.1 tai 19.3.1)</b>	
	Suunnitelma vaatimuksiin liittyvien kokeiden mittauksien toteuttamisesta. Tiedot sekä kiinteästi asennettavista että vain käyttöönottokokeiden aikana käytössä olevista mittalaitteista.	
<b>3</b>	<b>Käyttöönottokokeiden tulokset</b>	
<b>3.1</b>	<b>Käyttöönottoraportti vaatimuksiin liittyvistä kokeista (luku 14.3.3 tai 19.3.3)</b>	
<b>3.2</b>	<b>Käyttöönottokokeiden keskeiset tulokset numeerisessa muodossa (taulukko 15.2 tai 20.2)</b>	
<b>4</b>	<b>Todennetut mallinnustiedot</b>	
	Validoidut dynaamisen toiminnan mallintamiseen tarvittavat tiedot tai laskenmallit (luku 15 tai 20)	
<b>5</b>	<b>Säätäjien lopulliset asetteluarvot</b>	
	Voimalaitoksen/generaattoreiden pätehon ja taajuuden säätäjien sekä jännitteen ja loistehon säätäjien lopulliset asetteluarvot.	
<b>6</b>	<b>Suojauksen lopulliset asetteluarvot</b>	
	Voimalaitoksen/generaattoreiden ja voimalaitosliittynän suojauksen lopulliset asetteluarvot.	
	<b>Vaatimustenmukaisuusilmoitus</b>	
	Liittyjän edustaja vahvistaa allekirjoituksellaan, että tämän taulukon viitetietojen osoittamat dokumentit todentavat voimalaitoksen täyttävän sille asetetut vaatimukset. Paikka, aika, allekirjoitus ja nimenselvennys:	



**Taulukko 7.4. Tahtikonevoimalaitoksen generaattoreista toimitettavat tiedot.**

1 Mitoitusarvot		
1.1	Mitoitusjännite $U_r$	[kV]
1.2	Jännitealue	[p.u.]
1.3	Näennäisteho $S_r$	[MVA]
1.4	Mitoitusteho $P_{max}$	[MW]
1.5	Mitoitusvirta $I_r$	[A]
1.6	Mitoitustehokerroin $\cos \phi_r$	
1.7	Mitoituspyörimisnopeus $n$	[1/min]
1.8	Mitoitusmagnetointijännite $U_e$	[V]
1.9	Mitoitusmagnetointivirta $I_f$	[A]
2 Impedanssit		
2.1	Staattori-resistanssi $R$	[p.u.]
2.2	Pitkittäinen tahtireaktanssi $X_d$	[p.u.]
2.3	Pitkittäinen tahtireaktanssi $X_d$ (kyllästynyt)	[p.u.]
2.4	Poikittainen tahtireaktanssi $X_q$	[p.u.]
2.5	Pitkittäinen muutosreaktanssi $X_d'$	[p.u.]
2.6	Pitkittäinen muutosreaktanssi $X_d'$ (kyllästynyt)	[p.u.]
2.7	Poikittainen muutosreaktanssi $X_q'$	[p.u.]
2.8	Pitkittäinen alkureaktanssi $X_d''$	[p.u.]
2.9	Poikittainen alkureaktanssi $X_q''$	[p.u.]
2.10	Staattorin hajareaktanssi $X_1$	[p.u.]
2.11	Nollareaktanssi $X_0$	[p.u.]
2.12	Vastareaktanssi $X_2$	[p.u.]
3 Aikavakiot		
3.1	Tasakomponentin aikavakio $T_a$	[s]
3.2	Pitkittäinen tyhjäkäyntimuutosaikavakio $T_{do}'$	[s]
3.3	Poikittainen tyhjäkäyntimuutosaikavakio $T_{qo}'$	[s]
3.4	Pitkittäinen tyhjäkäyntialkuaikavakio $T_{do}''$	[s]
3.5	Poikittainen tyhjäkäyntialkuaikavakio $T_{qo}''$	[s]
3.6	Pitkittäinen muutosaikavakio $T_d'$	[s]
3.7	Poikittainen muutosaikavakio $T_q'$	[s]
3.8	Pitkittäinen alkuaikavakio $T_d''$	[s]
3.9	Poikittainen alkuaikavakio $T_q''$	[s]
4 Mekaaniset parametrit		
4.1	Hitausvakio (turpiini, generaattori ja muut pyörivät komponentit) $H$	[s]
4.2	Generaattorin hitausmomentti $J_g$	[kgm <sup>2</sup> ]
4.3	Kunkin turpiinin hitausmomentti $J_{t1}, J_{t2}, J_{t3}, \dots$	[kgm <sup>2</sup> ]
4.4	Magnetointikoneen (jos käytössä) hitausmomentti $J_{exc}$	[kgm <sup>2</sup> ]
4.5	Edellä annettujen turpiinigenaattorien osien väliset jousivakiot $K_{t1\_t2}, K_{t2\_t3}, \dots, K_{tx\_g}, K_{g\_exc}$	[Nm/Rad]

## 7.5 Tyypin B, C tai D voimalaitoksen tiedot

Mikäli tyypin B, C tai D voimalaitoksen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen edellyttää erityisten tyypin- tai tehdaskokeiden suorittamista, kokeiden sisällöstä, suoritustavasta ja ajankohdasta tulee sopia liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

Liittymispisteen verkonhaltijalle ja Fingridille tulee varata mahdollisuus osallistua vaatimustenmukaisuuden todentamiseen liittyviin kokeisiin harkintansa mukaan omalla kustannuksellaan.

Tyypin B, C tai D voimalaitoksen yksittäisille laitteille tai laitteistoille suoritettujen ja suoritettavien, vaatimusten täyttymisen todentamisen kannalta olennaisten tyypikokeiden ja tehdaskokeiden tulosaineistot tulee sisällyttää toimitettaviin tietoihin liittymispisteen verkonhaltijan tai Fingridin niin pyytäessä.

## 8 Poikkeukset vaatimuksista

Poikkeamamenettely on määrätty yksiselitteisesti Euroopan komission asetuksen 2016/631 artiklassa 60. Kuvattua menettelyä sovelletaan kansallisesti näihin Vaatimuksiin.

Asetuksen 2016/631 artiklan 62 (5) mukaisesti tyyppin C ja D voimalaitosten poikkeamien osalta Fingridin on arvioitava poikkeamaa. Fingrid arvioi poikkeamapyyntöä seuraavien kriteerien perusteella:

- 1) vaatimuksista poikkeaminen ei vaaranna sähköjärjestelmän käyttövarmuutta;
- 2) vaatimuksista poikkeaminen ei rajoita sähköjärjestelmän siirtokapasiteettia;
- 3) voimalaitos ei aiheuta häiriötä sähköjärjestelmään kytkeytyneille toisille osapuolille;
- 4) voimalaitos tukee sähköjärjestelmän toimintaa häiriötilanteiden yhteydessä sekä toimii luotettavasti niiden aikana ja niiden jälkeen;
- 5) poikkeama on teknistaloudellisesti perusteltu; ja
- 6) poikkeama voidaan myöntää vastaisuudessa vastaavanlaisessa tilanteessa tasapuolisesti ja syrjimättä tulevia voimalaitoshankkeita.

## 9 Reaaliaikaiset mittaukset, tiedonvaihto ja instrumentointi

### 9.1 Tyypin A voimalaitoksen reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto

Tyypin A voimalaitokselta ei vaadita reaaliaikaista mittausta. Liittymispisteen verkonhaltija määrittelee ilmoitusmenettelyn ennen voimalaitoksen kytkemistä.

### 9.2 Tyypin B voimalaitoksen reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto

Liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen reaaliaikaiset pätö- ja loistehomittaukset sekä kytkinlaitteiden tilatiedot.

Liittymispisteen verkonhaltijan tulee toimittaa tai velvoittaa liittyjää toimittamaan reaaliaikaiset mittaustiedot Fingridille liittymispisteen verkonhaltijan sähköverkkoon liittyneistä voimalaitoksista.

Reaaliaikatietojen päivityssykli saa olla korkeintaan 60 s. Mittausten tulee olla Fingridin käytettävissä, ennen kuin voimalaitos aloittaa pätötehon syöttämisen sähköjärjestelmään.

Mittaustiedot toimitetaan ensisijaisesti nettomittauksena<sup>1)</sup>. Tiedot voidaan erikseen sovittaessa toimittaa tuottajakohtaisena summana, mikäli voimalaitoskohtaisia tietoja ei pystytä toimittamaan. Tällöin tuulivoimatuotanto ja aurinkovoimatuotanto toimitetaan muusta tuotannosta erillisenä.

Ennen kuin voimalaitos aloittaa pätötehon syöttämisen sähköjärjestelmään, liittyjän tulee ilmoittaa asiasta liittymispisteen verkonhaltijalle.

Voimalaitoksen ohjaukseen ja kaukokäyttöön liittyvän tiedonvaihdon vaatimukset on esitetty luvussa 10.3.1.

Tiedonvaihdon toteutus on kuvattu tarkemmin Fingridin reaaliaikatiedonvaihdon sovellusohjeessa.

### 9.3 Tyypin C ja D voimalaitosten reaaliaikaiset mittaukset ja tiedonvaihto

Liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen reaaliaikaiset pätö- ja loistehomittaukset sekä kytkinlaitteiden tilatiedot. Mittaustiedot toimitetaan ensisijaisesti nettomittauksena<sup>1)</sup>. Lisäksi liittyjän on toimitettava jännitemittaustieto siitä jännitteestä, jonka mukaan voimalaitos säätää jännitettä toimiessaan vakiojännitesäädöllä.

Liittymispisteen verkonhaltijan tulee toimittaa tai velvoittaa liittyjää toimittamaan reaaliaikaiset mittaustiedot Fingridille liittymispisteen verkonhaltijan sähköverkkoon liittyneistä voimalaitoksista.

Reaaliaikatietojen päivityssykli saa olla korkeintaan 60 s. Mittausten tulee olla Fingridin käytettävissä, ennen kuin voimalaitos aloittaa pätötehon syöttämisen sähköjärjestelmään.

<sup>1)</sup> Voimalaitoksen nettomittaus tarkoittaa lukemaa, joka saadaan, kun voimalaitoksen bruttotuotannosta vähennetään kyseisen voimalaitoksen omakäyttö.

Ennen kuin voimalaitos aloittaa pätötehon syöttämisen sähköjärjestelmään, liittyjän tulee ilmoittaa asiasta sekä liittymispisteen verkonhaltijalle että Fingridin Kantaverkkokeskukseen.

Voimalaitoksen ohjaukseen ja kaukokäyttöön liittyvän tiedonvaihdon vaatimukset on esitetty luvussa 10.4.1.

Tiedonvaihdon toteutus on kuvattu tarkemmin Fingridin reaaliaikatieonvaihdon sovellusohjeessa.

#### 9.4 Tyypin C voimalaitosten instrumentointi

Tyypin C voimalaitoksiin on asennettava häiriö- ja heilahtelutallentimet. Tämä häiriö- ja heilahtelutallentimista koostuva tallennusjärjestelmä mahdollistaa voimalaitoksen ja sen säätäjien toiminnan tallentamisen sähköjärjestelmän häiriö- ja muutostilanteissa. Tallennusjärjestelmä voidaan toteuttaa myös releisiin integroiduilla häiriötallentimilla. Erillistä heilahtelutallenninta ei tarvitse asentaa, mikäli häiriötallentimen tallennusaika kattaa heilahtelutallentimelle asetetut vaatimukset.

Tallennusjärjestelmän tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

1. Häiriötallentimen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen tai muun Fingridin kanssa sovittavan mittauspisteen jännitteet ja virrat hetkellisarvoina vaiheittain. Häiriötallentimen tulee liipaista, kun:
  - suojarele toimii (laukaisu)
  - jännitteen suhteellisarvo alittaa 0,95 tai ylittää 1,05 pu
2. Heilahtelutallentimen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen tai muun Fingridin kanssa sovittavan mittauspisteen jännitteet ja virrat RMS-arvoina vaiheittain, sekä tallentaa jännitteiden ja virtojen vaihekulmat. Jos vaihekulmia ei tallenneta, tulee tallentaa generaattorin pätö- ja loisteho. Lisäksi tulee tallentaa taajuus. Heilahtelutallentimen tulee liipaista, kun:
  - suojarele toimii (havahtuminen)
  - jännitteen suhteellisarvo alittaa 0,95 tai ylittää 1,05 pu
  - taajuus alittaa 49,80 Hz tai ylittää 50,20 Hz
3. Kohdissa 1 ja 2 esitettyjen suureiden lisäksi suositellaan tallennettavaksi säätäjien toimintapisteet sekä SCADA-järjestelmän lokitiedot
4. Kohtien 1 ja 2 mittaukset voidaan toteuttaa tahtikonevoimalaitoksissa generaattorin liitinsuureista.
5. Häiriötallentimen näytteenotto- sekä tallennustaajuuden tulee olla korkea (1 kHz tai suurempi). Tallennusajan tulee olla muutamia sekunteja.

6. Heilahtelutallentimen näytteenottotaajuuden tulee olla korkea (1 kHz) ja tallennustaajuus voi olla matala (50 Hz tai suurempi). Tallennusajan tulee olla kymmeniä sekunteja.
7. Molemmissa tallentimissa pitää ottaa talteen näytettä jo ennen liipaisuhetkeä. Liipaisun tapahtuessa hetkellä 0 s tulee tallentimien tallentaa hetki ennen vikaa (engl. pre-fault) ja loput vian jälkeen (engl. post-fault). Nämä (pre- / post-fault) ajat ovat:
  - häiriötallentimelle ennen vikaa 0,5–1 s, vian jälkeen yli 2 s
  - heilahtelutallentimelle ennen vikaa 1–5 s, vian jälkeen yli 15 s
8. Tallennusjärjestelmät tulee toteuttaa siten, että Fingrid saa käyttöönsä järjestelmän tallenteet viimeistään 24 tunnin kuluessa siitä, kun Fingrid esittää pyynnön liittyjälle.
9. Tallennusjärjestelmä tulee varustaa muistikapasiteetilla, jolla varmistetaan häiriötallenteiden saatavuus vähintään seitsemän päivää tallennetun tapahtuman jälkeen. Vaatimuksen katsotaan täyttyvän tallennuksen kattaessa vähintään 20 viimeistä tallennettua tapahtumaa.

## 9.5 Tyypin D voimalaitosten instrumentointi

Tyypin D voimalaitoksiin on asennettava jatkuvatoiminen tallenninjärjestelmä, jonka mittauksiin voimalaitoksen käytöstä vastaavalla toimijalla on nopea pääsy. Tallennusjärjestelmä mahdollistaa voimalaitoksen ja sen säätäjien toiminnan jatkuva-aikaisen tallentamisen aina voimalaitoksen ollessa kytkettyneenä verkkoon. Laitteiston tulee tallentaa todenmukaisesti sähköjärjestelmän häiriö- ja muutostilanteet.

Tallennusjärjestelmän tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

1. Tallentimen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen tai muun Fingridin kanssa sovittavan mittauspisteen jännitteet ja virrat hetkellisarvoina vaiheittain.
2. Tallentimen tulee mitata ja tallentaa liittymispisteen tai muun Fingridin kanssa sovittavan mittauspisteen päto- ja loisteho sekä taajuus. Teho- ja taajuusmittausten tallennustaajuuden tulee olla vähintään 50 Hz.
3. Kohdissa 1 ja 2 esitettyjen suureiden lisäksi suositellaan tallennettavaksi säätäjien toimintapisteet sekä SCADA-järjestelmän lokitiedot.
4. Virta- ja jännitemittausten näytteenotto- sekä tallennustaajuuden tulee olla korkea (4 kHz tai suurempi).
5. Tallentimen aika tulee synkronoida ulkoisen aikapalvelimen (esim. voimalaitoksen automaatiojärjestelmä tai GNSS-järjestelmä) kanssa.
6. Tallennusjärjestelmä tulee toteuttaa siten, että voimalaitoksen käytöstä vastaavalla toimijalla on alle tunnissa pääsy tallentimen mittauksiin ja

liittymispisteen verkonhaltija sekä Fingrid saavat tallenteet käyttöönsä viimeistään kahdeksan tunnin kuluessa niiden pyytämisestä.

7. Tallennusjärjestelmä tulee varustaa vähintään 30 päivää kattavalla muistikapasiteetilla. Tallennus voidaan toteuttaa sovelluspohjaisella ratkaisulla, jossa mittaustiedot siirretään voimalaitoksen ulkopuoliseen tietovarastoon huomioiden kuitenkin tallennuksen jatkuvuus esim. tietoliikennehäiriöissä.

Alle 100 MW tahtikonevoimalaitoksilla jatkuvatoiminen tallenninjärjestelmä voidaan korvata luvun 9.4 mukaisilla häiriö- ja heilahtelutallentimilla.

Vaikka jatkuvatoiminen tallenninjärjestelmä toimii voimalaitoksen ensisijaisena häiriötallentimena, Fingrid suosittelee voimalaitoksen suojareiden häiriötallenninominaisuuksien käyttöönottoa ja tallenteiden saattamista voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan saataville.

## 10 Yleiset vaatimukset

### 10.1 Sähköjärjestelmän jännitteet ja taajuudet

Mitoituksen perustana käytettävä liittymispisteen normaali käyttöjännite (100 %:n arvoa vastaava jännite) vaihtelee liittymispisteittäin ja liittyjän on aina selvítettävä se liittymispisteen verkonhaltijalta. Liittymispisteen verkonhaltija määrittää sähköverkossaan jännitteen vaihtelualueet normaalitilanteessa sekä häiriö- ja poikkeustilanteessa. Normaalitilan jännitteen vaihtelualueen on oltava vähintään 0,90–1,05 pu normaalista käyttöjännitteestä.

Suomen kantaverkon nimellisjännitteet ovat 110 kV, 220 kV ja 400 kV. Liitynnän suunnittelun lähtökohtana käytettävät kantaverkon liittymispisteen normaalit käyttöjännitteet ovat vastaavasti 118 kV, 233 kV ja 410 kV.

Fingridin sähköverkossa jännitteen vaihtelualueet normaalitilanteessa sekä häiriö- ja poikkeustilanteessa ovat seuraavat. Nimellisjännitteeltään 400 kV:n verkossa jännitteen normaali vaihtelualue on 395–420 kV ja häiriö- ja poikkeustilanteessa 360–420 kV. Nimellisjännitteeltään 220 kV:n verkossa jännitteen normaali vaihtelualue on 215–245 kV ja häiriö- ja poikkeustilanteessa 210–245 kV. Nimellisjännitteeltään 110 kV:n verkossa jännitteen normaali vaihtelualue on 105–123 kV ja häiriö- ja poikkeustilanteessa 100–123 kV.

Pohjoismaisen sähköjärjestelmän nimellistaajuus on 50 Hz ja taajuus on normaalisti 49,9–50,1 Hz. Sähköverkon normaalikäytön aikana taajuus voi vaihdella 49,0–51,0 Hz tai poikkeuksellisesti jopa 47,5–51,5 Hz.

### 10.2 Tyypin A voimalaitoksen yleiset vaatimukset

#### 10.2.1 Voimalaitoksen jännite-taajuustoiminta-alue

Voimalaitoksen on pystyttävä toimimaan jatkuvasti ja normaalisti liittymispisteen verkonhaltijan määrittelemällä jännitealueella.

Voimalaitoksen on pystyttävä toimimaan jatkuvasti ja normaalisti, kun sähköjärjestelmän taajuus on 49,0–51,0 Hz. Voimalaitoksen on kyettävä toimimaan 30 minuutin ajan, kun sähköjärjestelmän taajuus on 51,0–51,5 Hz tai 49,0–47,5 Hz.

Voimalaitoksen toimintakykyä sille teknisesti mahdollisella taajuus- ja jännitealueella ei saa rajoittaa ilman teknisesti perusteltua syytä. Tämä tulee huomioida erityisesti suojausasetteluissa. Hybridivoimalaitoksen yksittäisen laitososion irtikytkäytyminen sähköverkosta käyttötoimenpiteen tai häiriön seurauksena ei saa johtaa muiden laitososioiden suunnittelemaan irtikytkäytymiseen.

#### 10.2.2 Taajuuden muutosnopeuden sietokyky

Voimalaitoksen tulee kyetä jatkamaa toimintaansa normaalisti taajuuden muutosnopeuden ollessa alle 2,0 Hz/s.



Taajuuden muutosnopeuden mittausta ei saa reagoida järjestelmässä tapahtuvien häiriöiden aiheuttamiin äkillisiin muutoksiin jännitteen käyrämuodossa.

### 10.2.3 Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila (LFSM-O)

Voimalaitoksen tulee kyetä pienentämään pätötehon tuotantoaan lineaarisesti taajuuden funktiona, kun sähköjärjestelmän taajuus ylittää 50,5 Hz (ks. kuva 10.1), mikäli primäärienergian saatavuus ei aseta rajoitteita.

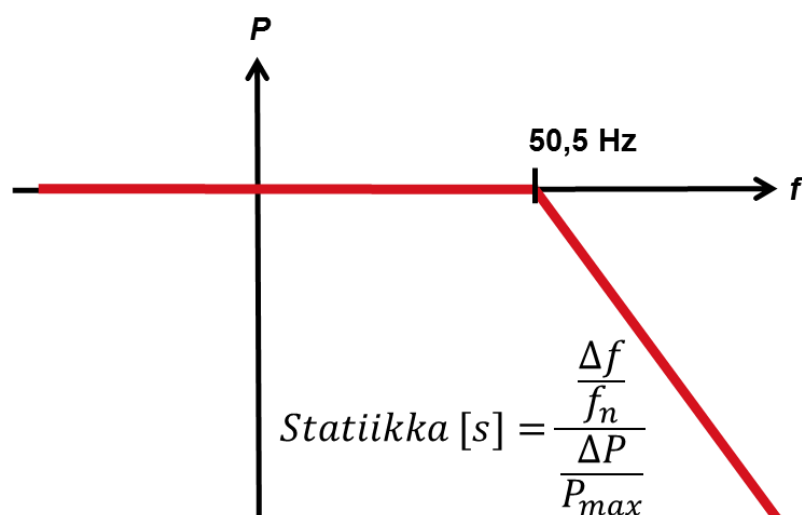
Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilan statiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 %. Suositeltu asetteluarvo on 4 %.

Säädön tulee aktivoitua mahdollisimman lyhyellä viiveellä, enintään kahden sekunnin kuluessa, kun sähköjärjestelmän taajuus ylittää 50,5 Hz. Pätötehon alassäädön tulee tapahtua suurimmalla voimalaitosteknologian sallimalla nopeudella.

Kun voimalaitos saavuttaa pienimmän mahdollisen säätötason, tulee sen kyetä jatkamaan toimintaansa tällä säätötasolla. Pienin säätötaso on minimiteho, mikäli primäärienergian saatavuus ei aseta rajoitteita. Pätötehon alassäätö ei saa johtaa suuntaajakytketyn voimalaitoksen tai sen yksittäisten suuntaajakytkettyjen yksiköiden irtikytkymiseen.

Voimalaitoksen tulee toimia stabiilisti taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilassa ja tilan aktivoiduttua sen asetusarvo on ensisijainen mahdollisiin muihin pätötehon asetusarvoihin nähden.

Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilan tulee olla aina päällä.



**Kuva 10.1.** Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatilassa voimalaitoksen tulee kyetä pienentämään pätötehon tuotantoaan lineaarisesti taajuuden funktiona, kun sähköjärjestelmän taajuus ylittää 50,5 Hz. Statiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 %. Kuvassa  $f$  on taajuus,  $f_n$  on nimellistaajuus (50 Hz),  $P$  on voimalaitoksen pätöteho,  $P_{\max}$  on voimalaitoksen mitoitusteho.

#### 10.2.4 Pätötehonsäätö

Voimalaitoksen tulee kyetä ylläpitämään tavoitearvon mukaista pätötehoa taajuuden muutoksista riippumatta, paitsi silloin kun jokin taajuussäädön toimintatila on aktiivinen. Mikäli primäärienergiantuotanto (esim. tuulen voimakkuus) heikkenee nopeasti, ei pätötehoa tarvitse ylläpitää erillisellä energiavarastolla.

#### 10.2.5 Pätötehotuotannon sallittu alentaminen

Voimalaitos saa alentaa pätötehotuotantoaan lineaarisesti 10 % jokaista 1 Hz:n taajuusmuutosta kohden, kun sähköjärjestelmän taajuus alittaa 49 Hz.

Pätötehon aleneman oletetaan tapahtuvan ympäristöolosuhteissa, joissa voimalaitos kykenee tuottamaan mitoitustehonsa.

#### 10.2.6 Etäohjausvalmius

Voimalaitos tulee varustaa logiikkaliitännällä (syöttöportilla), jotta pätötehon tuotanto voidaan lopettaa viiden sekunnin kuluessa käskyn saapumisesta syöttöporttiin. Liittymispisteen verkonhaltija päättää väyläliitännän käyttöönotosta ja määrittelee väyläliitännässä käytettävän tiedonsiirtoprotokollan.

#### 10.2.7 Autonominen kytkeytyminen

Autonomisella kytkeytymisellä tarkoitetaan voimalaitoksen itsenäisesti suorittamaa, automatisoidun sekvenssin ohjaamaa kytkeytymistä verkkoon ja tehon siirron aloittamista. Autonomisesta kytkeytymisestä sovitaan aina erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

Voimalaitos saa kytkeytyä autonomisesti sähköjärjestelmään, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- sähköjärjestelmän taajuus on 49,0–51,0 Hz
- liittymispisteen jännite on normaalilla vaihteluvälillä
- voimalaitoksen pätötehon suurin sallittu muutosnopeus on korkeintaan 100 % mitoitustehosta minuutissa, ellei liittymispisteen verkonhaltija ole määritellyt pienempää muutosnopeuden arvoa.
- Liittymispisteen verkonhaltija sallii autonomisen jälleenkytkentäjärjestelmän asentamisen ja automaattisen kytkeytymisen 1–10 minuutin kuluttua häiriön jälkeen

#### 10.2.8 Suojaus

Liittymispisteen verkonhaltijan on määriteltävä sähköverkon suojaamiseksi tarvittavat järjestelmät ja niiden asetukset, ottaen huomioon voimalaitoksen ominaisuudet. Liittymispisteen verkonhaltijan ja liittyjän on toimittava koordinoitusti ja sovittava keskenään voimalaitoksen ja sähköverkon tarvitsemista suojausjärjestelmistä ja voimalaitokseen liittyvistä asetuksista.

Liittyjän vastuulla on määrittää voimalaitoksen ja voimalaitosliitynnän suojausasettelut henkilö- ja laiteturvallisuuden takaamiseksi sekä laitevaurioiden välttämiseksi.

Fingrid ei suosittele taajuuden muutosnopeuden (engl. rate of change of frequency, lyh. RoCoF) tai jännitteen kulmamuuutoksen (nk. vector shift tai phase jump) tunnistavien suojalaitteiden käyttämistä, sillä tämän kaltaisten suojalaitteiden virhetoiminnan riski on suuri ja odottamaton irtikytketyminen voi tapahtua normaalilla jännite-taajuustoiminta-alueella. Mikäli taajuuden muutosnopeuden tunnistavaa suojalaitetta käytetään, saa se irrottaa voimalaitoksen verkosta vain, mikäli taajuuden muutosnopeus ylittää 4 Hz/s vähintään 250 ms ajan. Jännitteen kulmamuuutoksen tunnistavaa suojalaitetta saa käyttää ainoastaan silloin, kun voimalaitoksen mitoitusteho on alle 50 kW ja suojaus toimii jännitteen askelmaisena kulmamuuutoksen ollessa vähintään 15 astetta.

Saarekekäytön estämiseksi suositellaan käytettäväksi taajuuden ja jännitteen mittaukseen perustuvaa suojausta.

#### 10.2.9 Palautuminen ulkoisen verkkoyhteyden menetyksestä

Voimalaitoksen ulkoisten verkkoyhteyksien menetys häiriön tai suunnitellun keskeytyksen seurauksena ei saa aiheuttaa muutoksia voimalaitoksen Vaatimusten mukaiseen toimintaan verkkoyhteyksien palautumisen jälkeen (kuten laitteiden asetteluiden palautumista tehdasasetuksiin).

#### 10.3 Tyypin B voimalaitoksen yleiset vaatimukset

Tyypin B voimalaitosta koskevat samat yleiset vaatimukset (luku 10.2) kuin tyypin A voimalaitosta, lukuun ottamatta etäohjausvalmiutta (luku 10.2.6). Sen lisäksi tyypin B voimalaitoksen tulee täyttää tässä luvussa esitetyt vaatimukset.

##### 10.3.1 Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö

Voimalaitoksella on oltava yksi Liittyjän nimeämä voimalaitoksen käytöstä vastaava toimija (lyh. KVT), jolla on joka hetki tieto voimalaitoksen toimintatilasta, oikeus ja mahdollisuudet ohjata voimalaitosta ja muuttaa sen toimintapistettä ja säätötilaa sekä valtuuttaa tai rajoittaa mahdollisia voimalaitoksen ulkopuolelta annettavia ohjauksia. Käytöstä vastaava toimija voi ohjata voimalaitosta kaukokäytöllä tai paikallisesti.

Liittymispisteen verkonhaltijalla on tarvittaessa oikeus määritellä tarvittavat kaukokäytön ohjaukset ja tilatiedot verkkoonsa liittyvien voimalaitosten hallitsemiseen ja valvontaan. Liittyjä vastaa näiden ohjausten ja tilatietojen tarvitseman tiedonvaihdon toteutuksesta voimalaitoksen ja liittymispisteen verkonhaltijan järjestelmien välillä.

Liittymispisteen verkonhaltijan ohjauskyvyn osalta vähimmäisvaatimuksena on varustaa voimalaitos väyläliitännällä (syöttöportilla), jotta pätötehon tuotannolle voidaan antaa ohjearvo pätötehon alentamiseksi ohjearvon mukaan. Liittymispisteen verkonhaltija päättää väyläliitännän käyttöönotosta ja määrittelee väyläliitännässä käytettävän tiedonsiirtoprotokollan.

### 10.3.2 Lähivikakestoisuus

Voimalaitoksen tulee pystyä jatkamaan toimintaansa syvän jännitekuopan aiheuttavien sähköjärjestelmän häiriöiden aikana ja niiden jälkeen:

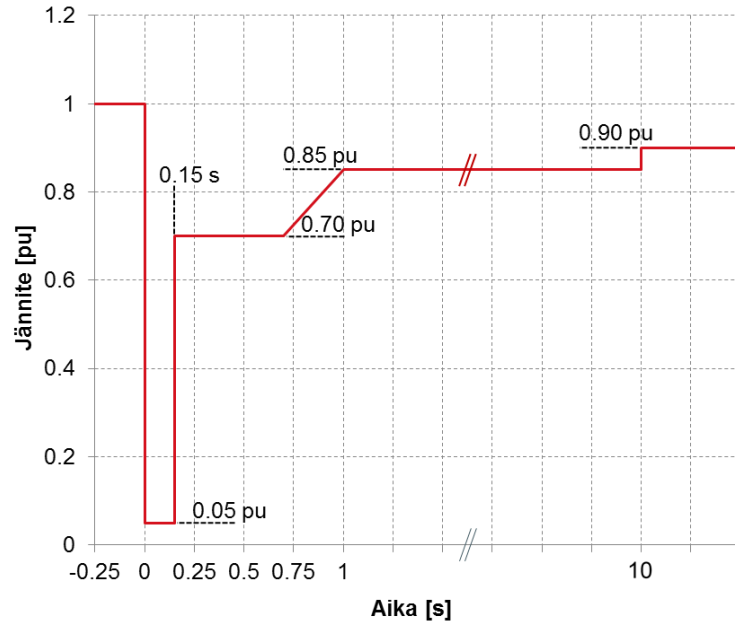
- *Tahtikonevoimalaitos* omakäyttöineen on suunniteltava siten, että se kestää kuvan 10.2 mukaisen lyhytaikaisen liittymispisteessä tapahtuvan jännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta ja menettämättä tahtikäyttöään. Tahtikoneen navan hetkellinen luiskahdus (engl. pole slipping) ei ole sallittu.
- *Suuntaajakytketty voimalaitos* omakäyttöineen on suunniteltava siten, että se kestää kuvan 10.3 mukaisen lyhytaikaisen liittymispisteessä tapahtuvan jännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta.

Voimalaitoksen tulee häiriön jälkeen kyetä toimimaan irtoamatta verkosta jännitehäiriötä seuraavien, mahdollisten laitoskohtaisten tai järjestelmätaajuisten sähkömekaanisten heilahteluiden aiheuttamien lyhytaikaisten jännitteen amplitudin ja vaihekulman vaihteluiden ajan.

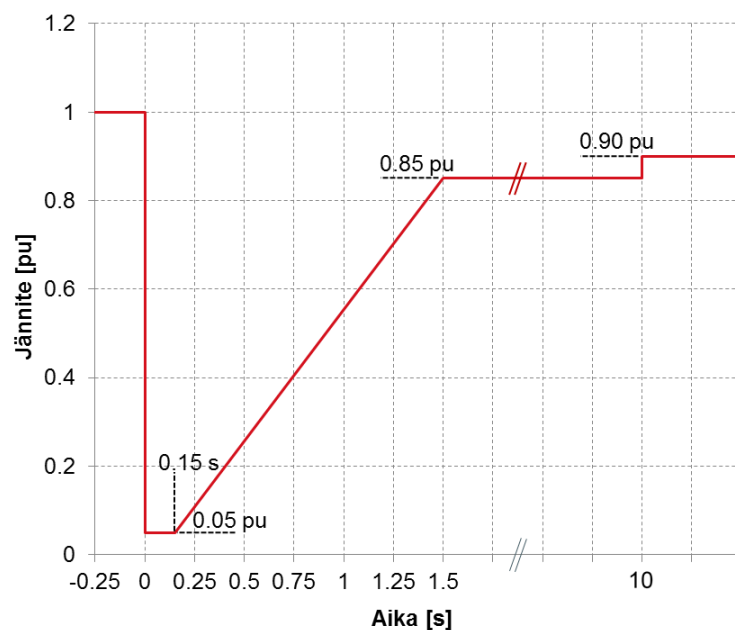
Lähivikavaatimus on voimassa symmetrisissä vioissa (3-vaiheisissa oikosuluissa) sekä epäsymmetrisissä vioissa (2-vaiheisissa oikosuluissa- ja maaosulosuluissa, 1-vaiheisissa maasuluissa).

Lähivikavaatimus on määritelty seuraavissa olosuhteissa:

- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen liittymispisteen jännite on 1,0 pu.
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitos ei syötä eikä ota loistehoa liittymispisteestä.
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen automaattinen jännitteensäätö on toiminnassa.
- Liittymispisteen oikosulkutehon oletetaan olevan liittymispisteen verkonhaltijan ilmoittaman normaalin vaihteluvälin alarajalla ennen lähivikaa sekä sen jälkeen.



**Kuva 10.2.** Lyhytaikaista jännitehäiriötä vastaava liittymispisteen jännite, jonka aikana ja jälkeen tyyppin B ja C tahtikonevoimalaitosten tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on jännite ennen häiriötä. Jännite on 0,05 pu 150 millisekunnin ajan.



**Kuva 10.3.** Lyhytaikaista jännitehäiriötä vastaava liittymispisteen jännite, jonka aikana ja jälkeen tyyppin B ja C suuntaajakytkettyjen voimalaitosten tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on jännite ennen häiriötä. Jännite on 0,05 pu 150 millisekunnin ajan.

Voimalaitos ei saa kytkeytyä irti automaattisesti usean perättäisen jännitehäiriön seurauksena. Irtykytkeytyminen on sallittu ainoastaan tällaisessa tapauksessa, mikäli

voimalaitoksen transienttikulmastabiilius vaarantuu tai jarrutusenergian kestoisuus ylittää mitoitusarvon.

Pätötehon syöttöä sähköverkkoon jännitehäiriöiden aikana ja jälkeen ei saa tarpeettomasti rajoittaa.

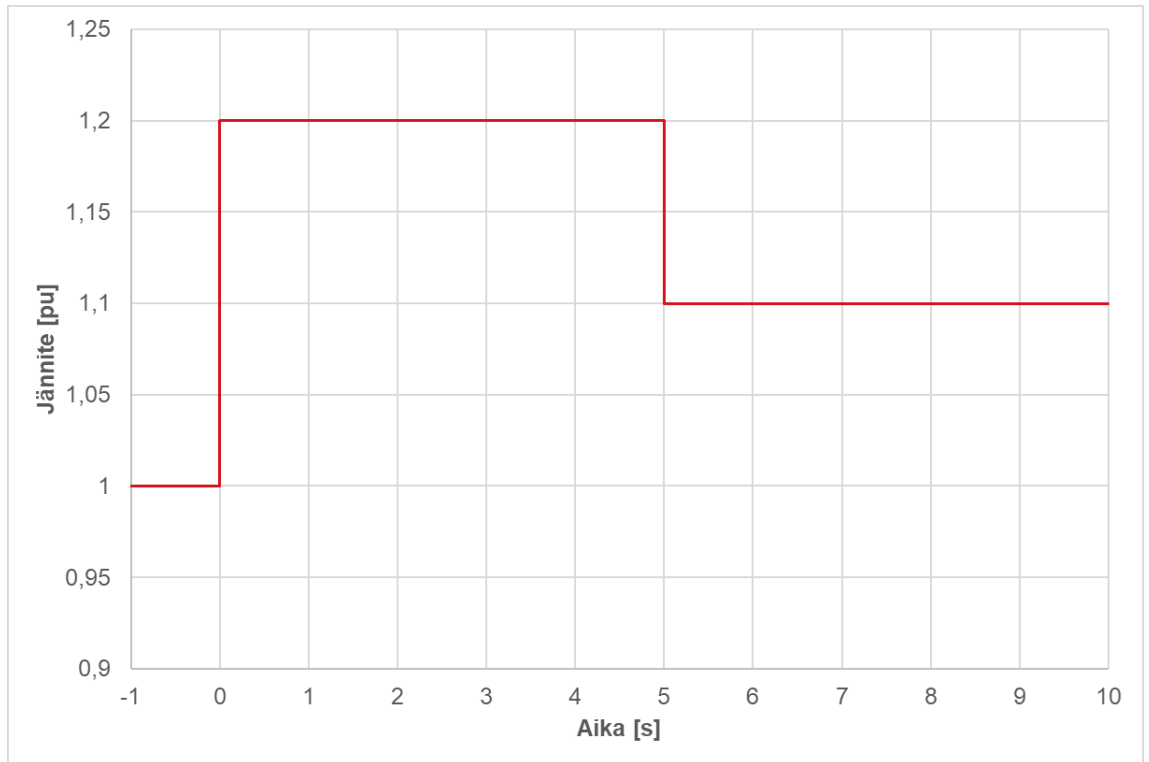
### 10.3.3 Ylijännitekestoisuus

Voimalaitoksen tulee pystyä jatkamaan toimintaansa irtoamatta verkosta liittymispisteessä esiintyvän kuvan 10.4 mukaisen lyhytaikaisen käyttötaajuuden, mahdollisesti muita taajuuskomponentteja sisältävän ylijännitteen aikana ja sen jälkeen.

Ylijännitekestoisuusvaatimus on voimassa symmetrisissä vioissa (3-vaiheisissa oikosuluissa), epäsymmetrisissä vioissa (2-vaiheisissa oikosuluissa- ja maoikosuluissa, 1-vaiheisissa maasuluissa) sekä kytkentätilanteissa.

Ylijännitekestoisuusvaatimus on määritelty seuraavissa olosuhteissa:

- Ennen ylijännitettä voimalaitoksen liittymispisteen jännite on normaali käyttöjännite eli 1,0 pu.
- Ennen ylijännitettä voimalaitos ei syötä eikä ota loistehoa liittymispisteestä.
- Ennen ylijännitettä voimalaitoksen automaattinen jännitteensäätö on toiminnassa.
- Liittymispisteen oikosulkutehon oletetaan olevan liittymispisteen verkonhaltijan ilmoittaman normaalin vaihteluvälin alarajalla ennen vikaa sekä sen jälkeen.
- Liittymispisteen verkonhaltija määrittelee jännitteen suuruuden kuvassa 10.4 esitetyn aikaskaalan ulkopuolella.



**Kuva 10.4.** Lyhytaikaista ylijännitettä vastaava liittymispisteen pääjännite, jonka aikana ja jälkeen tyyppin B, C ja D voimalaitosten tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on liittymispisteen normaali käyttöjännite ennen häiriötä.

### 10.3.4 Pätötehon palautuminen jännitehäiriön jälkeen

Lyhytaikaisen jännitehäiriön jälkeen (ks. luku 10.3.2 tai 10.5.2) voimalaitoksen tulee palauttaa häiriötä edeltänyt pätötehotaso kolmen sekunnin kuluessa häiriön alkamisesta. Pätötehon katsotaan palautuneen, kun liittymispisteestä mitattava pätöteho on vikaa edeltävällä tasolla (toleranssi  $\pm 5\%$  asetusravosta). Jännitehäiriön seurauksena ei sallita pysyviä tehon muutoksia.

Mikäli pätötehon palautuminen riippuu liittymispisteen jännitteen tasosta, kyseinen riippuvuus ja kuvaus sen mahdollisesta vaikutuksesta tehonpalautumiseen on toimitettava Fingridille ja liittymispisteen verkonhaltijalle.

### 10.3.5 Suojaus

Suojasasettelujen tulee olla sellaiset, että voimalaitos pysyy verkossa sähköjärjestelmän häiriöiden aikana niin kauan kuin se on voimalaitoksen teknologian ja toiminnallisen turvallisuuden sallimissa rajoissa mahdollista.

Liittyjä vastaa siitä, että voimalaitoksen suojauksen suunnittelussa otetaan huomioon sähköjärjestelmässä tapahtuvien häiriöiden ja vikojen aiheuttama lyhytaikaiset

voimakkaat muutokset sähköverkon jännitteissä, virroissa ja taajuudessa sekä voimajohtojen käytön palautuksessa yleisesti käytettävät pika- ja aikajälleenkytkennät. Asettelujen tulee perustua laitteiden kykyyn kestää voimakkaita vaihteluita järjestelmän taajuudessa ja liittymispisteen jännitteessä. Voimalaitoksen suojaus ei saa olla ristiriidassa Vaatimusten kanssa.

Voimalaitoksen sähköisen suojauksen on oltava etusijalla toiminnallisiin säätöihin nähden, ottaen huomioon järjestelmän käyttövarmuus ja työntekijöiden ja kansalaisten terveys ja turvallisuus sekä voimalaitokselle mahdollisesti aiheutuvien vaurioiden lieventäminen. Liittyjän on järjestettävä suojaus- ja säätölaitteensa seuraavan tärkeysjärjestyksen mukaisesti (tärkein ensin):

1. sähköverkon ja voimalaitoksen suojaus,
2. synteettinen inertia (jos vaadittu),
3. pätötehon ja taajuuden säätö,
4. tehon rajoittaminen,
5. tehon muutosnopeuden rajoittaminen.

#### 10.3.6 Tietoliikenne ja tietoturva

Liittyjä vastaa siitä, että voimalaitoksen tietoliikenneyhteyksien ja tietoturvallisuuden suunnittelussa huomioidaan tietoturvauhat, jotka voivat vaikuttaa voimalaitoksen tai sen liittymisverkon toimintaan. Oikeudeton vaikuttaminen voimalaitoksen ohjausjärjestelmään mukaan lukien sen mahdollisiin kaukokäyttöyhteyksiin tulee estää. Liittyjä on velvollinen varmistamaan, että vaatimus toteutuu myös kaikkien voimalaitoksen järjestelmiin pääsyn omaavien ulkopuolisten palveluntarjoajien osalta (esim. laitetoimittaja tai voimalaitoksen käytöstä vastaava toimija).

Liittyjän tulee toimittaa Fingridille selvitys voimalaitoksen tietoturvan ja tietoliikenneyhteyksien toteutuksesta osana toimitettavia tietoja. Tiedot toimitetaan Fingridille erikseen sovittavalla tavalla.



## 10.4 Tyypin C voimalaitoksen yleiset vaatimukset

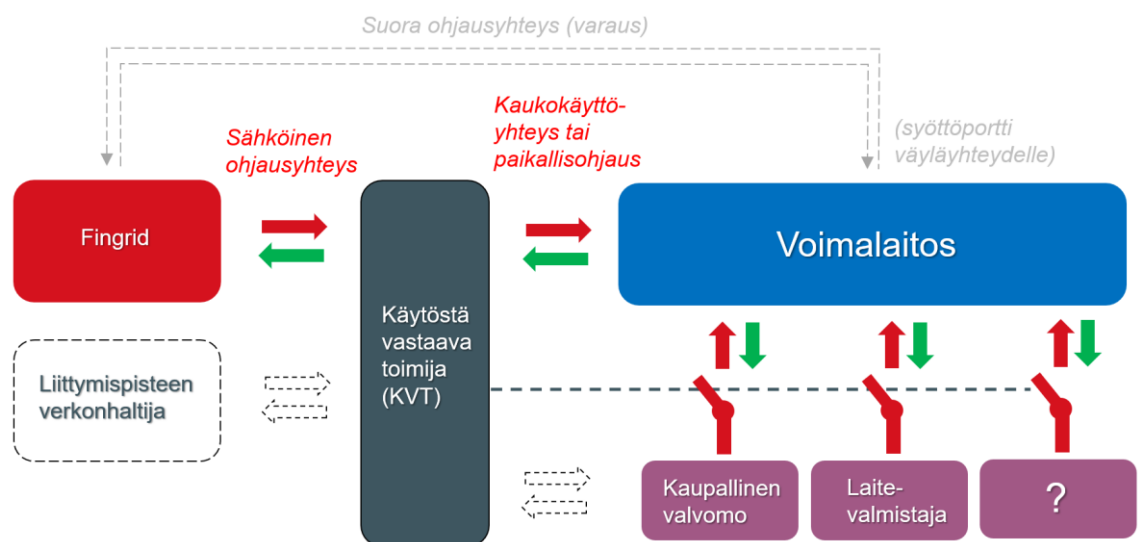
Tyypin C voimalaitosta koskevat samat yleiset vaatimukset kuin tyypin A ja B voimalaitoksia (luvut 10.2 ja 10.3), lukuun ottamatta etäohjausvalmiutta (luvut 10.2.6 ja 10.3.1) ja autonomista kytkeytymistä (luku 10.2.7). Sen lisäksi tyypin C voimalaitoksen tulee täyttää tässä luvussa esitetyt vaatimukset.

### 10.4.1 Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö

Voimalaitoksella on oltava yksi Liittyjän nimeämä voimalaitoksen käytöstä vastaava toimija (lyh. KVT), jolla on joka hetki tieto voimalaitoksen toimintatilasta, oikeus ja mahdollisuudet ohjata voimalaitosta ja muuttaa sen toimintapistettä ja säätötilaa sekä valtuuttaa tai rajoittaa mahdollisia voimalaitoksen ulkopuolelta annettavia ohjauksia. Käytöstä vastaava toimija voi ohjata voimalaitosta kaukokäytöllä tai paikallisesti. Mikäli ensisijaisena ohjaustapana on kaukokäyttö, tulee käytöstä vastaavalla toimijalla olla ohjauspaikallaan saatavilla voimalaitoksen etäohjaamiseen ja -valvontaan tarvittavat ohjaukset ja mittaukset.

Voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan on muutettava voimalaitoksen säätöjen toimintatilaa tai asetteluarvoa voimalaitosteknologian asettamissa rajoissa, jos Fingridin Kantaverkkokeskus tai liittymispisteen verkonhaltija sitä pyytää. Ohjauspyyntö voidaan antaa käyttämällä sähköistä ohjausyhteyttä tai puhelimitse.

Ohjauksen periaate ja osapuolet on esitetty kuvassa 10.5.



**Kuva 10.5. Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö. Voimalaitoksen käytöstä vastaava toimija operoi voimalaitosta. Fingrid voi antaa voimalaitoksen käytöstä vastaavalle toimijalle ohjauspyyntöjä (punaiset nuolet) sekä vastaanottaa tilatietoja (vihreät nuolet) sähköisellä ohjausyhteydellä. Erillisen, suoran Fingridin ja voimalaitoksen välisen ohjausyhteyden toteuttamisesta päätetään erikseen. Käytöstä vastaavalla toimijalla voi lisäksi olla sähköinen ohjausyhteys (katkoviivanuolet vasemmalla) tai muuta tiedonvaihtoa mahdollisen liittymispisteen verkonhaltijan (esim. jakeluverkkoyhtiö) tai muiden voimalaitosta ehdollisesti ohjaamaan kykenevien toimijoiden kanssa (katkoviivanuolet oikealla). Käytöstä vastaavalla toimijalla on mahdollisuus oikeuttaa ja rajoittaa muiden toimijoiden ohjauskykyä.**

#### 10.4.1.1 Fingridin sähköinen ohjausyhteys

Fingridin sähköisellä ohjausyhteydellä (ks. kuva 10.5) tarkoitetaan Fingridin ja voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan käytönvalvontajärjestelmien välistä tiedonvaihtoa, jonka toteuttamisesta Liittyjä vastaa. Sähköisen ohjausyhteyden tarkoituksena on tukea sähköjärjestelmän käyttövarmuutta mahdollistamalla Fingridille järjestelmävastaavana voimalaitosten toiminnan koordinointi poikkeustilanteissa.

Voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan on kyettävä sähköisen ohjausyhteyden välityksellä

- vastaanottamaan ja toteuttamaan taulukon 10.1 mukaiset Fingridin lähettämät ohjauspyynnöt sekä
- keräämään ja lähettämään taulukon 10.2 mukaiset tilatiedot Fingridille.

Sähköisellä ohjausyhteydellä pyydetty toimintatilan tai asetusarvon muutos on saatettava voimaan mahdollisimman nopeasti, kuitenkin viimeistään yhden minuutin kuluessa Fingridin antaman ohjauspyynnön vastaanottamisesta. Pyydettyä asetusarvoa vastaava uusi toimintapiste (P, Q) tulee saavuttaa viimeistään 15 minuutin kuluessa Fingridin antaman ohjauspyynnön vastaanottamisesta. Puhelimitse annettuna pyydetyn muutoksen mukainen lopputila tulee saavuttaa viimeistään 15 minuutin kuluttua pyynnön antamisesta.

Sähköistä ohjausyhteyttä käytetään välittämään Fingridin pyyntö vaikuttaa voimalaitoksen toimintaan voimalaitoksen käytöstä vastaavalle toimijalle, eikä voimalaitoksen operointivastuu siirry ohjauspyyntöjä lähetettäessä Fingridille. Ohjauspyyntöjen toteuttaminen voimalaitoksen järjestelmissä voidaan automatisoida, mutta käytöstä vastaavan toimijan vastuulla on aina arvioida, rajoittavatko esimerkiksi henkilö- ja laitosturvallisuuteen tai lupaehtojen toteutumiseen liittyvät syyt ohjauspyynnön toteuttamista. Tällaisesta syytä ohjauspyynnön voimaansaattamista voidaan viivästyä vaaditusta minuutin vasteajasta.

Sähköiseen ohjausyhteyteen liittyvän tiedonvaihdon toteutus on kuvattu tarkemmin Fingridin reaaliaikatievaihdon sovellusohjeessa.

**Taulukko 10.1. Voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan Fingridiltä vastaanottamat ohjauspyynnöt (X). Yksittäisen ohjauspyynnön toteutus voi vaatia useita erillisiä signaaleja.**

n:o	Ohjauspyyntö	Vastaanotettava tieto	Tahti- kone- voima- laitos	Suuntaa- jakytketty voima- laitos
1	Pätötehon maksimiarvo	$P_{\min}-P_{\max}$	X	X
2	Pätötehon asetusarvo	$P_{\min}-P_{\max}$	X	X
3	Pätötehon asetusarvon mukaista tehoa pyydetty	kyllä/ei  (aktivoi yo. pätötehon asetusarvopyynnön)	X	X
4	Pätötehon muutosnopeuden maksimiarvo asetusarvon muutoksissa	$0,1 \times P_{\max}/\text{min}$ –rajoittamaton, ks. luku 16.3.5		X
5	Pätötehon nopea alassäätö 100→20 % / 5 s	Päälle / pois  ks. luku 16.3.6		X
6	Jännitteen- ja loistehonsäädön toimintatila	jännitteensäätö / vakioloistehosäätö / vakiotehokerroinsäätö		X
7	Vakioloistehosäädön asetusarvo	$Q_{\min}-Q_{\max}$ (suurin induktiivinen loisteho – suurin kapasitiivinen loisteho).	X	X
8	Jännitteen asetusarvo	105–123 kV / 215–245 kV / 395–420 kV. Asettelualueen ylittävät asetteluarvot tulee estää.  Tahtikoneiden osalta tulee sopia liitinjännitesäätöä vastaavat asetusarvot.	X	X
9	Vakiotehokerroinsäädön asetusarvo	$0,95_{\text{kap}}-0,95_{\text{ind}}$ , ks. luku 18.2.4		X
10	Jännitteensäädön asetteluryhmä*	asetteluryhmän vaihto kahden etukäteen määritellyn parametroidin välillä (asettelu 1 / asettelu 2), ks. luku 18.2.2		X
11	Jännitteensäädön statiikan asetusarvo*	2...7%, ks. luku 18.2.2		X

12	Taajuussäädön ohjaus taajuusalueittain	päälle/pois	X	X
13	Taajuussäädön statiikka taajuusalueittain	Selitetty luvussa 16.3.3.3		X
14	Taajuussäädön tehoalue	Selitetty luvussa 16.3.3.3		X
15	Käytönpalautuksen tila	Normaalitila / hälytystila / häiriötila / suurhäiriötila / palautustila.  Tilatieto on informatiivinen ja sitä voidaan käyttää Liittyjän tai Liittymispisteen verkonhaltijan kanssa erikseen sovittavien ohjausten toteuttamisessa.	X	X

\*) Jännitteensäädön asetteluryhmän (n:o 10) sekä statiikka-asettelun (n:o 11) ohjausten tarpeellisuus arvioidaan jännitteensäädön teknisen toteutuksen ja suorituskyvyn perusteella.

**Taulukko 10.2. Voimalaitokselta lähetettävät tilatiedot, jotka käytöstä vastaava toimija toimittaa Fingridille**

n:o	Tilatieto	Lähetettävä tieto	Tahtikone-voimalaitos	Suuntaaja-kytketty voimalaitos
1	Kuittaus Taulukon 10.1 ohjausten vastaanotosta		X	X
2	Taulukon 10.1 ohjauksia vastaava tilatieto / lukuarvo		X	X
3	Voimalaitoksen käytettävissä oleva pätötehocapasiteetti	MW	X	X
4	Voimalaitoksen käytettävissä oleva loistehokapasiteetti*	Mvar, erikseen induktiivinen ja kapasitiivinen kapasiteetti.	X	X
5	Voimalaitoksen ja käytöstä vastaavan toimijan välisen kaukokäyttöyhteyden käytettävyystieto	on/ei	X	X

\*) Loistehokapasiteetti voidaan antaa voimalaitoksen pätötehotasoon perustuvana suuntaa-antavana arviona, jonka tarkkuuden on oltava vähintään  $\pm 15\% \times Q_n$ .

#### 10.4.1.2 Fingridin suora ohjausyhteys

Voimalaitos tulee varustaa väyläliitännällä (syöttöportilla), jonka kautta Fingrid voi ohjata voimalaitosta suoraan. Väyläliitännän tulee mahdollistaa taulukoiden 10.1 ja 10.2 signaalinvaihto.

Fingrid päättää suoran ohjausyhteyden toteuttamisesta ja väyläliitännän käyttöönotosta erikseen kussakin voimalaitoshankkeessa ja määrittelee väyläliitännässä käytettävän tiedonsiirtoprotokollan.

#### 10.4.1.3 Liittymispisteen verkonhaltijan ohjausyhteydet

Liittymispisteen verkonhaltijalla on tarvittaessa oikeus määritellä tarvittavat kaukokäytön ohjaukset ja tilatiedot verkkoonsa liittyvien voimalaitosten hallitsemiseen ja valvontaan. Liittyjä vastaa näiden ohjausten ja tilatietojen edellyttämän tiedonvaihdon toteutuksesta voimalaitoksen ja liittymispisteen verkonhaltijan järjestelmien välillä.

#### 10.4.1.4 Voimalaitosten kaukokäyttöön liittyvät muut vaatimukset

Edellytyksenä päätötehon syötön aloittamiselle Suomen sähköjärjestelmään Liittyjän tulee toteuttaa ja testata edellä kuvatut kaukokäyttöön liittyvät ohjaukset ja tiedonvaihto sekä ilmoittaa Fingridille ja liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen sekä sen liittymisverkon käytöstä vastaavien toimijoiden yhteystiedot. Liittyjä vastaa siitä, että käytöstä vastaava toimija on tavoitettavissa 24 tuntia päivässä 7 päivänä viikossa.

Voimalaitoksen ohjattavuus ja kaukokäyttöön käytettävien tietoliikenneyhteyksien toimivuus tulee varmistaa jatkuvalla valvonnalla, joka antaa voimalaitoksen käytöstä vastaavalle toimijalle viipymättä tiedon

- voimalaitoksen ja käytöstä vastaavan toimijan ohjauspaikan välisen kaukokäyttöyhteyden epäkäytettävyydestä sekä
- voimalaitoksen yksittäisten tuotantoyksiköiden ohjattavuuteen liittyvästä epäkäytettävyydestä.

Mikäli voimalaitoksen tuotantoyksiköiden ohjattavuus menetetään, tulee voimalaitoksen tuotantoyksikön jatkaa toimintaansa ennen ohjauksen menetystä voimassa olleiden ohjearvojen mukaisesti, ellei poikkeavasta menettelystä, kuten tuotannon automaattisesta pysäyttamisestä ole erikseen sovittu liittymispisteen verkonhaltijan kanssa. Mikäli ohjattavuutta ei saada palautettua kahden tunnin kuluessa ohjattavuuden menetyksestä, pitää voimalaitos miehittää viipymättä tai kytkeä osittain tai kokonaan irti verkosta liittymispisteen verkonhaltijan tai Fingridin niin vaatiessa.

Käytöstä vastaavan toimijan tulee ilmoittaa Fingridille ja liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen ja sen liittymisverkon toiminnassa, ohjattavuudessa ja käyttöturvallisuudessa havaituista poikkeamista.

Käytöstä vastaavan toimijan, voimalaitoksen, Fingridin sekä liittymispisteen verkonhaltijan välisen kaukokäyttöyhteyksien toiminta tulee koestaa määräajoin. Toimintakokeiden suoritusväli ja laajuus sovitaan Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

#### 10.4.2 Autonominen kytkeytyminen

Voimalaitoksen autonomisesta kytkeytymisestä sovitaan aina erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa ja mikäli se sallitaan, voimalaitos saa kytkeytyä autonomisesti sähköjärjestelmään, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- sähköjärjestelmän taajuus on 49,0–51,0 Hz
- liittymispisteen jännite on normaalilla vaihteluvälillä
- voimalaitoksen kaukokäyttöyhteys on toiminnassa
- kytkeytymisen jälkeinen toimintapiste (P, Q, U), säätötila ja muut ohjeavrot ovat voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan määrittämiä tai valtuuttamia
- pätötehon muutosnopeus ei ylitä liittymispisteen verkonhaltijan kanssa sovittua arvoa
- mikäli voimalaitoksen tuotannon aloittamiseen sähköverkosta irtikytkeytymisen jälkeen liittyy voimalaitoksen toimintaan ja toteutukseen liittyviä rajoitteita, kuvaus rajoitteista on toimitettava osana voimalaitosdokumentaatiota.

Voimajärjestelmän tila saattaa estää autonomisen kytkeytymisen tai vaatia sen tekemistä normaalista käyttötilanteesta poikkeavin laiteasetteluin. Voimalaitoksen on kyettävä vastaanottamaan tieto autonomisen kytkeytymisen estosta ja käytettävistä ennalta sovituista asetteluista. Fingrid antaa tiedon voimajärjestelmän tilasta sähköisenä ohjauksena luvun 10.4.1 signaalia ”käytönpalautuksen tila” käyttäen.

#### 10.4.3 Taajuussäätö-alitaajuustoimintatila (LFSM-U)

Voimalaitoksen tulee kyetä kasvattamaan pätötehon tuotantoaan lineaarisesti taajuuden funktiona, kun sähköjärjestelmän taajuus alittaa 49,5 Hz, ks. kuva 10.6

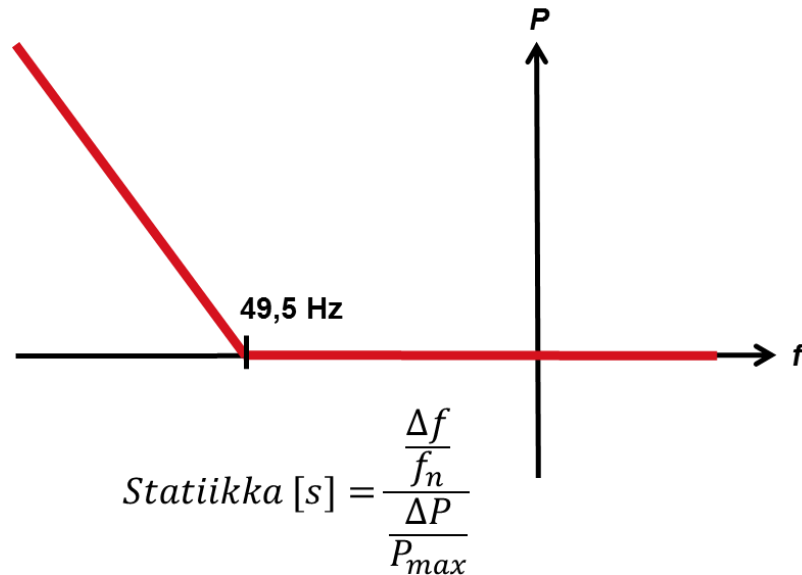
Taajuussäätö-alitaajuustoimintatilan statiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 %. Suositeltu asetteluarvo on 4 %.

Säädön tulee aktivoitua mahdollisimman lyhyellä viiveellä, enintään kahden sekunnin kuluessa, kun sähköjärjestelmän taajuus alittaa 49,5 Hz.

Kun voimalaitos saavuttaa suurimman mahdollisen säätötason, tulee sen kyetä jatkamaan toimintaansa tällä säätötasolla. Suurin säätötaso on mitoitusteho, mikäli primäärienergian saatavuus, ympäristön lämpötila tai verkonhaltijan antama tehoraja ei aseta rajoitteita.

Voimalaitoksen tulee toimia stabiilisti taajuussäätö-alitaajuustoimintatilassa ja tilan aktivoiduttua sen asetusarvo (suurin säätötaso) on ensisijainen mahdollisiin muihin pätötehon asetusarvoihin nähden lukuun ottamatta liittymispisteen verkonhaltijan tai Fingridin pyytämää pätötehon maksimiarvoa (ks. taulukko 10.1).

Taajuussäätö-alitaajuustoimintatilan tulee olla aina päällä.



**Kuva 10.6.** Taajuussäätö-alitaajuustoimintatilassa voimalaitoksen tulee kyetä kasvattamaan pätötehon tuotantoaan lineaarisesti taajuuden funktiona, kun sähköjärjestelmän taajuus alittaa 49,5 Hz. Staiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 %. Kuvassa  $f$  on taajuus,  $f_n$  on nimellistaajuus (50 Hz),  $P$  on voimalaitoksen pätöteho,  $P_{\max}$  on voimalaitoksen mitoitus-teho.

#### 10.4.4 Stabiiliutta koskevat vaatimukset

Jännitestabiiliuden osalta voimalaitos saa kytkeytyä automaattisesti irti sähköverkosta, kun jännite ylittää jatkuvassa tilassa liittymispisteessä liittymispisteen verkonhaltijan määrittämän normaalin jännitealueen (ks. luku 10.1). Lisäksi liittymispisteen verkonhaltija saa määrittää normaalin jännitealueen ulkopuolella olevat jännitetasot, joilla voimalaitoksen tulee kytkeytyä irti sähköverkosta.

Teho- tai jänniteheilahtelujen esiintyessä voimalaitoksen on säilytettävä pysyvän tilan stabiilius toimiessaan missä tahansa PQ-diagrammin toimintapisteessä.

Voimalaitoksen on pystyttävä pysymään liitettynä sähköverkkoon ja jatkamaan toimintaansa ilman tehon alenemista, kun jännite ja taajuus pysyvät Vaatimuksissa määriteltyjen rajojen sisällä, tämän kuitenkin rajoittamatta sallittua pätötehoalentamista taajuuden alittaessa 49,0 Hz (ks. luku 10.2.5).

Voimalaitoksen on pystyttävä pysymään liitettynä sähköverkkoon silmukoituneen verkon yksi- tai kolmivaiheisten automaattisten jälleenkytkentöjen aikana, mikäli voimalaitoksen liittymispiste ei ole irtikytettävässä sähköverkon osassa.

Kulmastabiiliuden menetyksen tai säädettävyyden menetyksen osalta voimalaitoksen on pystyttävä kytkeytymään automaattisesti irti sähköverkosta, jotta sähköjärjestelmän käyttövarmuus voidaan säilyttää tai voidaan estää voimalaitoksen vaurioituminen. Kulmastabiilius on menetetty, kun voimalaitoksen ja sen liittymispisteen pätötehon välinen sähköinen kulmaero ylittää pysyvässä tilassa 90 astetta.

#### 10.4.5 Sähkön laatu

Sähkön laadun osalta voimalaitoksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon raportissa ”Fingridin 110 kV:n verkon sähkön laatu” kuvatut sähkön laatuun vaikuttavat tekijät ja emissioraja-arvot. Raportti on saatavilla Fingridin internet-sivuilla.

Liittyjä on velvollinen noudattamaan liittymispisteen verkonhaltijan asettamia sähkön laatuvaatimuksia. Liittyjän tulee toimittaa liittymispisteen verkonhaltijan pyytämät tiedot ja raportit (esim. IEC 61400-21), joiden perusteella liittymispisteen verkonhaltija voi arvioida voimalaitoksen vaikutusta sähkön laatuun ennen voimalaitoksen verkkoon liittämistä.

Liittyjän tulee varautua liittymispisteen verkonhaltijan määrittämään sähkön laatuun.

#### 10.4.6 Päämuuntajan tähtipisteen maadoitus

Liittyjän päämuuntajan on oltava yläjännitepuolen maadoitusjärjestelyn nollapisteen osalta liittymispisteen verkonhaltijan määrittelemän spesifikaation mukainen.

#### 10.4.7 Pimeäkäynnistys ja saarekekäyttö

Pimeäkäynnistys- ja saarekekäyttöjärjestelyistä sovitaan tarvittaessa erikseen Euroopan komission asetuksen 2016/631 artiklan 15(5) mukaisesti.

#### 10.4.8 Suojaus

Taajuuden muutosnopeuden tunnistavien suojalaitteiden käyttö on kielletty.

#### 10.5 Tyypin D voimalaitoksen yleiset vaatimukset

Tyypin D voimalaitosta koskevat samat yleiset vaatimukset kuin tyypin A, B ja C voimalaitoksia (luvut 10.2, 10.3 ja 10.4), lukuun ottamatta etäohjausvalmiutta (luvut 10.2.6 ja 10.3.1), autonomista kytkeytymistä (luku 10.2.7) ja lähivikakestoisuutta (luku 10.3.2). Sen lisäksi tyypin D voimalaitoksen tulee täyttää tässä luvussa esitetyt vaatimukset.

##### 10.5.1 Voimalaitoksen ohjaus ja kaukokäyttö

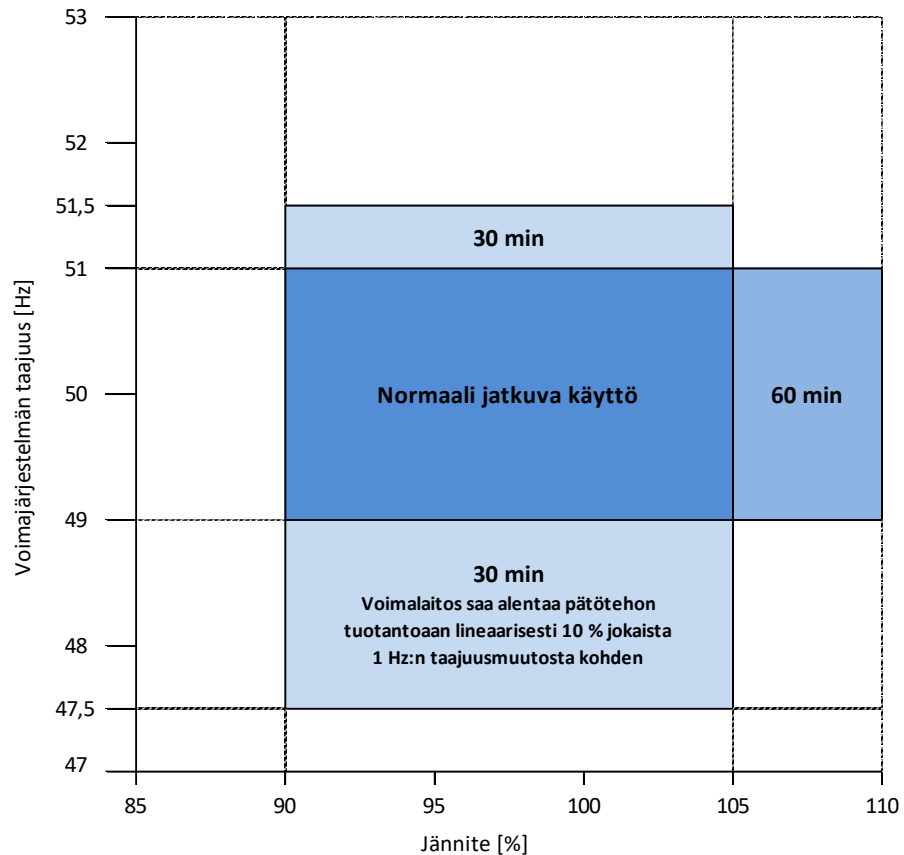
Luvun 10.4.1 vaatimusten lisäksi tyypin D voimalaitoksen on kyettävä vastaanottamaan siltä vaadittujen erikoissäätöjen ohjaus päälle ja pois sekä lähettämään tieto kunkin säädön toimintatilasta. Tällaisia erikoissäätöjä ovat esimerkiksi tahtikoneiden pätohostabilisaattori (PSS) ja luvun 5 erityistarkasteluvaatimusten nojalla suuntaajakytketyiltä voimalaitoksilta vaadittu POD-säätö.

##### 10.5.2 Voimalaitoksen jännite-taajuustoiminta-alue

Voimalaitoksen on pystyttävä toimimaan jatkuvasti ja normaalisti, kun liittymispisteen jännite on 90–105 % normaalista käyttöjännitteestä ja taajuus on 49,0–51,0 Hz. Jos liittymispisteen jännite, taajuus tai molemmat poikkeavat näistä arvoista, on voimalaitoksen pysyttävä kytkeytyneenä sähköverkkoon vähintään kuvassa 10.7



määritetyt ajat. Voimalaitos saa alentaa pätötehontuotantoaan lineaarisesti 10 % jokaista 1 Hz:n taajuusmuutosta kohden taajuuden alittaessa 49,0 Hz.



**Kuva 10.7. Voimalaitoksen on pysyttävä verkkoon kytkeytyneenä kuvassa esitetyillä erilaisilla liittymispisteen taajuuksilla ja jännitteillä. Jatkuvan toiminta-alueen 100 %:n jännite on 400 kV:n verkossa aina 400 kV. Muilla jännitteillä 100 %:n arvoa vastaava jännite on selvittettävä liittymispisteen verkonhaltijalta.**

### 10.5.3 Lähivikakestoisuus

Voimalaitoksen tulee pystyä jatkamaan toimintaansa syvän jännitekuopan aiheuttavien sähköjärjestelmän häiriöiden aikana ja niiden jälkeen:

- *Tahtikonevoimalaitos* omakäyttöineen on suunniteltava siten, että se kestää lyhytaikaisen liittymispisteessä tapahtuvan jännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta ja menettämättä tahtikäyttöään. Tahtikoneen navan hetkellinen luiskahdus (engl. pole slipping) ei ole sallittu. Vaatimukset on eriytetty liittymispisteen jännitetason mukaan:
  - Tyypin D tahtikonevoimalaitoksen, jonka liittymispisteen nimellisjännite on alle 400 kV, tulee kestää kuvan 10.8 osoittama liittymispisteen jännitteen vaihtelu.

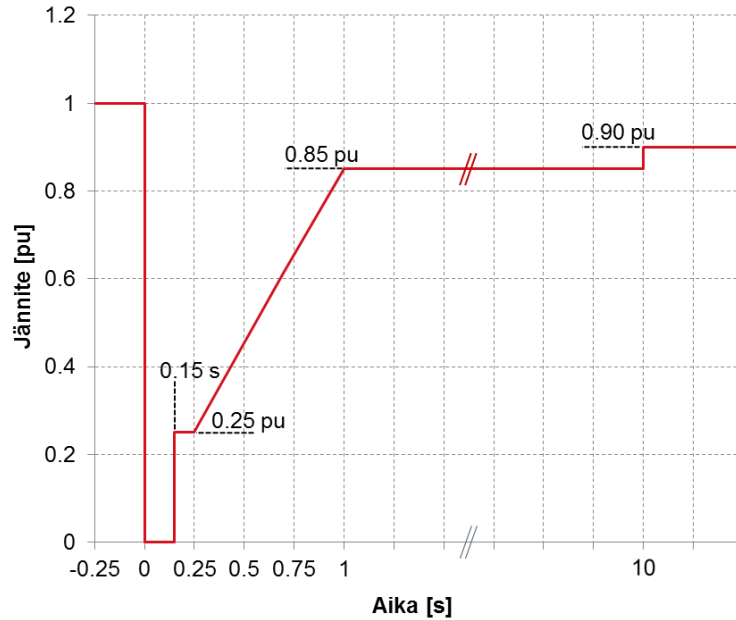
- Tyypin D tahtikonevoimalaitoksen, jonka liittymispisteen nimellisjännite on vähintään 400 kV, tulee kestää kuvan 10.9 osoittama liittymispisteen jännitteen vaihtelu.
- *Suuntaajakytketty voimalaitos* omakäyttöineen on suunniteltava siten, että se kestää kuvan 10.10 mukaisen lyhytaikaisen liittymispisteessä tapahtuvan jännitteen vaihtelun irtoamatta verkosta.

Voimalaitoksen tulee häiriön jälkeen kyetä toimimaan irtoamatta verkosta jännitehäiriötä seuraavien, mahdollisten laitoskohtaisten tai järjestelmätaajuisten sähkömekaanisten heilahteluiden aiheuttamien lyhytaikaisten jännitteen amplitudin ja vaihekulman vaihteluiden ajan.

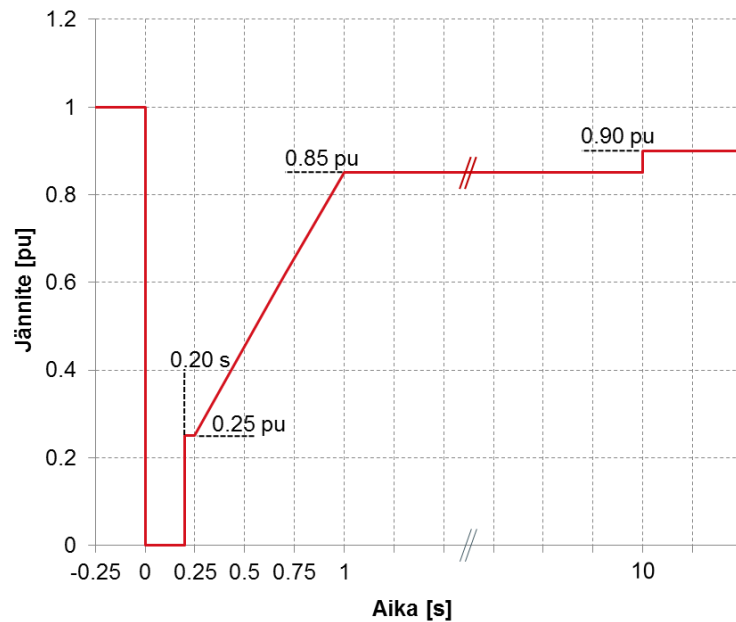
Lähivikavaatimus on voimassa symmetrisissä vioissa (3-vaiheisissa oikosuluissa) sekä epäsymmetrisissä vioissa (2-vaiheisissa oikosuluissa- ja maaosulosuluissa, 1-vaiheisissa maasuluissa).

Lähivikavaatimus on määritelty seuraavissa olosuhteissa:

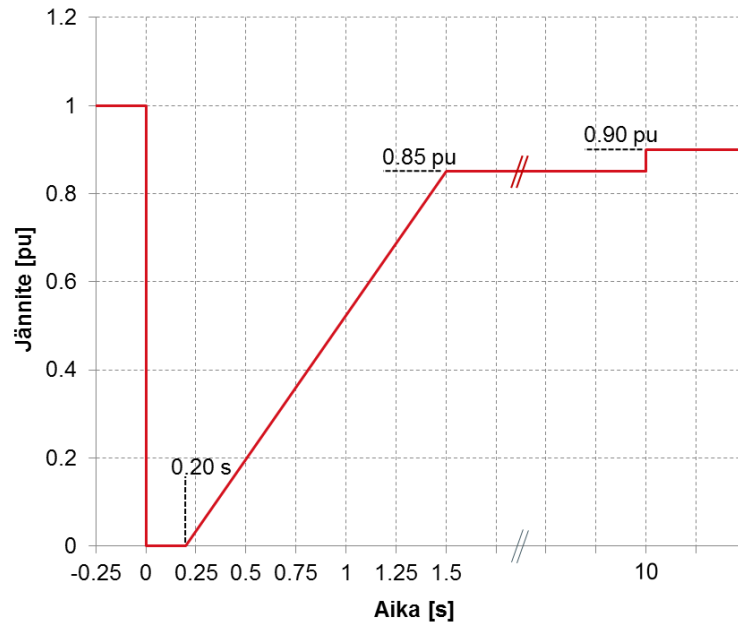
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen liittymispisteen jännite on 1,0 pu.
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitos ei syötä eikä ota loistehoa liittymispisteestä.
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen automaattinen jännitteensäätö on toiminnassa.
- Liittymispisteen oikosulkutehon oletetaan olevan liittymispisteen verkonhaltijan ilmoittaman normaalin vaihteluvälin alarajalla ennen lähivikaa sekä sen jälkeen.



**Kuva 10.8.** Lyhytaikaista jännitehäiriötä vastaava liittymispisteen jännite, jonka aikana ja jälkeen tyypin D tahtikonevoimalaitoksen, jonka liittymispisteen nimellisjännite on alle 400 kV, tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on jännite ennen häiriötä. Jännite on 0,00 pu 150 millisekunnin ajan.



**Kuva 10.9.** Lyhytaikaista jännitehäiriötä vastaava liittymispisteen jännite, jonka aikana ja jälkeen tyypin D tahtikonevoimalaitoksen, jonka liittymispisteen nimellisjännite on vähintään 400 kV, tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on jännite ennen häiriötä. Jännite on 0,00 pu 200 millisekunnin ajan.



**Kuva 10.10. Lyhytaikaista jännitehäiriötä vastaava liittymispisteen jännite, jonka aikana ja jälkeen tyyppin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen tulee jatkaa toimintaansa normaalisti. Jännitteen suhteellisarvo 1,0 pu on jännite ennen häiriötä. Jännite on 0,00 pu 200 millisekunnin ajan.**

Voimalaitos ei saa kytkeytyä irti automaattisesti usean perättäisen jännitehäiriön seurauksena. Iritykkeytyminen on sallittu ainoastaan tällaisessa tapauksessa, mikäli voimalaitoksen transienttikulmastabiilius vaarantuu tai jarrutusenergian kestoisuus ylittää mitoitusarvon.

Pätötehon syöttöä sähköverkkoon jännitehäiriöiden aikana ja jälkeen ei saa tarpeettomasti rajoittaa.

#### 10.5.4 Laskelma voimalaitoksen toiminnasta jännitehäiriön yhteydessä

Voimalaitoksen lähivikakestoisuudesta tulee toimittaa laskelma liittymispisteen verkonhaltijalle voimalaitoksen vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1. Laskelmassa ei tarvitse kuvata voimantuotantoprosessia, mutta prosessin asettamat rajoitteet sähköntuotannolle tulee huomioida laskelmassa. Laskelman tulee kuvata voimalaitoksen dynaaminen toiminta jännitehäiriöiden yhteydessä, laskentaperusteet on esitetty taulukoissa liittymispisteen nimellisjännitteen mukaan:

- liittymispisteen nimellisjännite on alle 400 kV (taulukko 10.3)
- liittymispisteen nimellisjännite on vähintään 400 kV (taulukko 10.4)

Jännitehäiriölaskelma tulee suorittaa seuraavin oletuksin:

- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen liittymispisteen jännite on 1.0 pu.

- Ennen jännitehäiriötä voimalaitos syöttää liittymispisteeseensä mitoituspätötehonsa suuruisen pätötehon
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitos ei syötä eikä ota loistehoa liittymispisteestä.
- Ennen jännitehäiriötä voimalaitoksen automaattinen jännitteensäätö on toiminnassa.
- Voimalaitoksesta katsottuna liittymispisteen takana olevasta sähköjärjestelmästä tehdään sijaiskytkentä, jossa on sarjaan kytkettynä sähköjärjestelmän oikosulkutehoa kuvaava impedanssi ja ideaalinen jännitelähde. Mikäli voimalaitoksen liittymispiste on 400 kV:n jännitetasossa tai sähköisesti lähellä 400 kV:n siirtoverkkoa, on sähköjärjestelmän mallintamisesta sovittava Fingridin kanssa.
- Liittymispisteen oikosulkutehon oletetaan olevan liittymispisteen verkonhaltijan ilmoittaman normaalin vaihteluvälin alarajalla ennen häiriötä. Liittymispisteen verkonhaltija ilmoittaa laskennassa käytettävät ja taulukossa 10.3 tai 10.4 esitetyt oikolukutehot liittyjälle. Taulukoissa "Normaali" oikosulkutehotaso tarkoittaa normaalitilanteen vaihteluvälin alarajaa. "Minimi" on oikosulkutehotaso häiriön jälkeen, kun liittymispistettä lähinnä oleva vahvin syöttävä yhteys on irtikytkeytynyt.
- Tahtikonevoimalaitosten osalta laskelmassa tarkasteltava vika on liittymispisteessä tapahtuva 3-vaiheinen, vikavastukseton oikosulku.
- Suuntaajakytketyn voimalaitoksen osalta laskelmassa tarkasteltavat viat ovat liittymispisteessä tapahtuva 3-vaiheinen vikavastukseton oikosulku, 2-vaiheinen vikavastukseton oikosulku, 2-vaiheinen vikavastukseton oikosulku maakosketuksella sekä 1-vaiheinen vikavastukseton maasulku.
- Kuvaus laskennassa käytetystä mallista, mukaan lukien laskennassa käytetyt parametrit ja säätöjärjestelmien lohko-kaavioesitykset, on toimitettava osana laskelmaa liittymispisteen verkonhaltijalle.
- Laskennan tuloksia tulee verrata voimalaitoksen suojausasetteluihin ja osoittaa, ettei suojaus toimi virheellisesti jännitehäiriössä.

**Taulukko 10.3. Jännitehäiriölaskelmassa käytettävät lähtötiedot, kun liittymispisteen jännite on alle 400 kV.**

Lähtötieto	Häiriö 1	Häiriö 2
Jännitehäiriön kesto	150 ms	250 ms
Liittymispisteen jännite häiriön aikana	0,0 pu	0,25 pu
Liittymispisteen oikosulkuteho ennen häiriötä	Normaali	Normaali
Liittymispisteen oikosulkuteho häiriön jälkeen	Minimi	Normaali

**Taulukko 10.3. Jännitehäiriölaskelmassa käytettävät lähtötiedot, kun liittymispisteen jännite on vähintään 400 kV.**

Lähtötieto	Häiriö 1	Häiriö 2
Jännitehäiriön kesto	200 ms	250 ms
Liittymispisteen jännite häiriön aikana	0,0 pu	0,25 pu
Liittymispisteen oikosulkuteho ennen häiriötä	Normaali	Normaali
Liittymispisteen oikosulkuteho häiriön jälkeen	Minimi	Normaali

## 10.5.5 Ylijännitekestoisuus

Jännitteen suuruus kuvassa 10.4 esitetyn aikaskaalan ulkopuolella määräytyy kuvan 10.7 mukaisesti eli jännite voi säilyä 1,10 pu. tasolla 60 minuuttia sisältäen kuvan 10.4 kuvaaman 10 sekunnin jakson.

## 10.5.6 Tahdistamista koskevat vaatimukset

Voimalaitoksen tahdistamista koskevat seuraavat vaatimukset:

- Voimalaitos on varustettava tarvittavilla tahdistuslaitteilla.
- Liittyjä saa tahdistaa voimalaitoksen verkkoon vasta, kun liittymispisteen verkonhaltija on antanut siihen luvan.
- Voimalaitos tulee kyetä tahdistamaan verkkoon luvussa 10.5.1 esitetyillä normaalin jatkuvan käytön taajuuksilla ja jännitteillä.
- Liittyjän tulee sopia tahtikonevoimalaitoksen tahdistusehtojen asettamisesta liittymispisteen verkonhaltijan kanssa, mikäli ehdot poikkeavat tässä esitetystä:
  - Taajuus 49,0–51,0 Hz
  - Jännite 0,90–1,05 pu.
  - Vaihekulmaero  $< 10^\circ$
  - Taajuuspoikkeama  $< 0,2$  Hz
  - Jännitepoikkeama  $< 0,05$  pu.
  - Vaihejärjestys on sama tahdistavan katkaisijan molemmin puolin

## Tahtikonevoimalaitoksia koskevat vaatimukset

### 11 Tahtikonevoimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö

#### 11.1 Tyypin A tahtikonevoimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö

Tyypin A tahtikonevoimalaitoksella tulee olla luvussa 10.2 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet. Mikäli voimalaitoksen ominaisuuksiin kuuluu muita pätötehon ja taajuuden säätöön liittyviä toiminnallisuuksia, on Fingridillä oikeus hyödyntää tarvittaessa näitä toiminnallisuuksia luvun 11.3.1 kuvauksen mukaisesti.

#### 11.2 Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö

Tyypin B tahtikonevoimalaitoksella tulee olla luvussa 10.3 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet. Mikäli voimalaitoksen ominaisuuksiin kuuluu muita pätötehon ja taajuuden säätöön liittyviä toiminnallisuuksia, on Fingridillä oikeus hyödyntää tarvittaessa näitä toiminnallisuuksia luvun 11.3.1 kuvauksen mukaisesti.

#### 11.3 Tyypin C ja D tahtikonevoimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö

Tässä luvussa esitetyn lisäksi tyypin C tahtikonevoimalaitoksella tulee olla luvussa 10.4 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet.

Tässä luvussa esitetyn lisäksi tyypin D tahtikonevoimalaitoksella tulee olla luvussa 10.5 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet.

##### 11.3.1 Fingridin oikeudet sähköjärjestelmän häiriötilassa

Fingridillä on oikeus vaatia voimalaitoksia säätämään tässä asiakirjassa esitettyjen tehonsäätöön liittyvien ominaisuuksien puitteissa, mikäli sähköjärjestelmää ei kyetä häiriön jälkeen palauttamaan normaalitilaan.

##### 11.3.2 Voimalaitoksen pätöteho ja käynnistysaika

###### 11.3.2.1 Minimiteho

Voimalaitoksen minimitehon tulee olla mahdollisimman pieni. Voimalaitoksen suunnittelun perustana tulee käyttää seuraavia minimitehoja:

- vesi-, kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitokset: 10 % mitoitustehosta,
- sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitokset sekä muut voimalaitokset: 40 % mitoitustehosta.

Voimalaitoksen minimiteho ja voimalaitoksen kyky toimia lyhytaikaisesti minimitehonsa alapuolella tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja.

Mikäli voimalaitos koostuu useista generaattoreista, eikä minimiteho jakaudu tasaisesti generaattoreiden välillä, koko voimalaitoksen minimitehon lisäksi on ilmoitettava yksittäisten generaattoreiden minimitehot.

### 11.3.2.2 Mitoitusteho ja lyhytaikainen ylikuormitettavuus

Voimalaitoksen lyhytaikainen ylikuormituskyky, sekä mitoitustehon ja lyhytaikaisen ylikuormitettavuuden riippuvuus ulkoisista tekijöistä, kuten ulkoilman tai meriveden lämpötilasta, tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja.

### 11.3.2.3 Käynnistysaika

Vesi-, kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitoksilla pitää olla valmius käynnistyä täyteen tehoon 15 minuutissa. Arviot tyypillisistä käynnistysajoista minimi- ja mitoitusteholle tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja.

Sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitosten sekä muiden voimalaitosten suhteen vaatimuksia käynnistysajan suhteen ei ole kuin luvussa 11.3.5 esitetyt vaatimukset omakäytöltä paluun yhteydessä. Arvio käynnistysajoista laitoksen eri käynnistysvalmiustiloissa tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja.

### 11.3.3 Pätötehon ja taajuuden säädön toteutus

#### 11.3.3.1 Yleiset säätäjävaatimukset

Voimalaitos tulee varustaa turbiinisäätäjällä ja siihen liittyvällä pyörimisnopeuden säädöllä, joilla teho ja tehon muutosnopeus voidaan asettaa.

Voimalaitoksen tehonsäädön tulee mahdollistaa tehon asetteleminen manuaalisesti sekä tehon säätäminen taajuusmittauksen perusteella (taajuussäätö) turbiinisäätäjällä sekä mahdollisella laitossäätäjällä.

Taajuussäätö tulee toteuttaa siten, että voimalaitos pystyy osallistumaan automaattisesti sähköjärjestelmän taajuuden tukemiseen häiriötilanteissa. Häiriötilan tehonsäätöön siirrytään taajuusreleen tai muun taajuutta mittaavan laitteen avulla. Taajuussäädön taajuusmittaus on toteutettava siten, että taajuussäätö seuraa sähköjärjestelmän taajuutta.

Mikäli taajuusmittauksen yhteyteen toteutetaan taajuusmittausta suodattavia keskiarvoistavia tai muuten mittausta hidastavia tai mittauksen luonnetta muuttavia toimintoja tai toimilaitteita, kuvaus niiden vaikutuksesta taajuusmittauksen tarkkuuteen ja viiveeseen on toimitettava osana toimitettavia tietoja.

Voimalaitoksen tehon säätöjärjestelmä tulee toteuttaa siten, että säädön kuollut alue on mahdollisimman pieni.



### 11.3.3.2 Taajuussäädön toiminnallisuudet

Taajuussäädölle tulee olla aseteltavissa kuollut alue sekä lineaarinen statiikka. Säätö tulee toteuttaa siten, että säädöllä on vähintään kaksi toimintatilaa: normaalitila ja häiriötila.

Mikäli teho- ja taajuussäädölle on määritetty normaali- ja häiriötilojen lisäksi muita toimintatiloja, niistä ja niiden asetteluperiaatteista on toimitettava tieto Fingridille.

### 11.3.3.3 Aseteltavat säätöparametrit

Taajuussäädön asetteluarvon tulee vastata sähköjärjestelmän nimellistaajuutta 50 Hz.

Taajuussäädön statiikan tulee olla aseteltavissa välillä 2–12 % enintään yhden prosenttiyksikön portaissa. Oletusarvo säätäjään käyttöönottoaiheessa aseteltavalle statiikalle on 4 %.

Taajuussäädön kuolleen alueen tulee olla aseteltavissa välillä 0,0–0,5 Hz enintään 0,01 Hz:n portaissa.

Taajuusmittaukseen perustuvan toimintatilojen (normaalitila, häiriötila) automaattisen vaihtumisen määrittävien kriteereiden asettelurajojen tulee olla aseteltavissa vähintään seuraavissa rajoissa:

- tilamuutokseen johtavat taajuusrajat:  $\pm 2$  Hz enintään 0,1 Hz:n portain,
- viive, jonka jälkeen tilamuutos toteutetaan: 0–60 s enintään 1 sekunnin portain,
- viive, jonka jälkeen palautuminen tilamuutoksesta toteutetaan: 0–600 s enintään 1 sekunnin portain.

tilamuutoksesta palautumisen jälkeinen estoaika, jolloin uusi tilamuutos edellisen tilamuutoksen kanssa samansuuntaisesta taajuusrajan ylityksestä on estetty: 0–15 min enintään 1 minuutin portain. Taajuussäädölle tulee olla aseteltavissa minimitehotaso suurempi tehotaso, jolle tehon alassäätö pysähtyy. Taajuussäädön toiminta ei saa aiheuttaa voimalaitoksen irtoamista sähköverkosta (esim. takatehosta).

Fingridin kanssa on sovittava erikseen, jos säätäjän toimintatilan automaattinen muutos toteutetaan muuten kuin taajuuspoikkeamaan perustuen.

### 11.3.3.4 Säädön tarkkuus ja herkkyys

Pätötehon säädön tarkkuuden tulee olla minimi- ja mitoitustehon välisellä tehoalueella vähintään  $\pm 0,05 \times P_{\max}$ , kuitenkin enintään 10 MW. Vaadittu tarkkuus määritellään mitattuna yhden minuutin aikakeskiarvona ja se huomioi primääriteholähteen pätötehon jatkuvan vaihtelun.

Taajuussäädön herkkyyden tulee olla vähintään 10 mHz. Taajuussäädön alkuviiheen taajuuden askelmuutoksessa tulee olla enintään 2 s (taajuussäädön reagointiaika on 1 s taajuuden askelmuutoksesta ja säädön vaste näkyy enintään 2 s kuluttua taajuuden askelmuutoksesta).

Voimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säädön tarkkuus ja herkkyys tulee todentaa käyttöönottokokeiden yhteydessä. Kuvaus näistä ja näihin vaikuttavista tekijöistä tulee toimittaa osana voimalaitoksen dokumentaatiota.

#### 11.3.3.5 Toimintatilan muutokset

Voimalaitoksen tehon- ja taajuussäädön toimintatiloja ja asetteluarvoja tulee kyetä muuttamaan, estämään ja sallimaan. Toimintatilojen muutokset tulee kyetä tekemään voimalaitoksen valvomosta. Toimintatilojen ja asetteluarvojen ohjauksen tulee toimia samalla tavalla riippumatta siitä, ohjataanko laitosta paikallisesti vai etäyhteydellä.

Kuvaus voimalaitoksen tehon- ja taajuussäädön toimintatilojen automaattiset muutokset toteuttavista toiminnallisuuksista tulee toimittaa osana voimalaitosdokumentaatiota.

#### 11.3.4 Pätötehon muutosnopeus ja säätöalue

##### 11.3.4.1 Pätötehon muutosnopeus ja säätöalue normaalissa käyttötilassa

Pätötehon muutosnopeusvaatimukset on määritetty suurimpana tehon muutosnopeutena, joka on saavutettava vasteena generaattorin tai voimalaitoksen pätötehon asetteluarvon muutokselle.

Normaalissa käyttötilanteessa vesi-, kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitosten tehon muutosnopeuden tulee olla vähintään  $\pm 40$  % mitoitustehosta minuutissa. Tehon muutosnopeus tulee olla toteutettavissa, kun laitoksen teho on 40–100 % mitoitustehosta. Tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa kyseisen voimalaitoksen ominaisuuksien rajoittamaan suurimpaan sallittuun tehon muutosnopeuteen, kun laitoksen teho on alle 40 % mitoitustehosta.

Sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitosten sekä muiden kuin vesi-, kaasuturbiini- tai moottorivoimalaitosten tehon muutosnopeuden tulee olla vähintään  $\pm 5$  % mitoitustehosta minuutissa. Tehon muutosnopeus tulee olla toteutettavissa, kun laitoksen teho on 60–90 % mitoitustehosta. Tällöin kerralla tapahtuva tehonmuutos on korkeintaan 20 % mitoitustehosta. Kun laitoksen teho on alle 60 % tai yli 90 % mitoitustehosta, tehon muutosnopeus voidaan rajoittaa kyseisen voimalaitoksen ominaisuuksien rajoittamaan suurimpaan sallittuun tehon muutosnopeuteen.

##### 11.3.4.2 Pätötehon muutosnopeus ja säätöalue häiriötilassa

Pätötehon muutosnopeusvaatimukset häiriötilassa on määritetty vasteaikoina taajuusmittauksessa tapahtuvalle askelmaiselle vähintään 0,5 Hz:n muutokselle. Vaadittu kokonaismuutos tulee saavuttaa 30 sekunnissa häiriöstä (suurin sallittu aika täyteen aktivoitumiseen).

Vesi-, kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitosten tehomuutoksen tulee häiriötilanteissa olla vähintään  $\pm 10$  % mitoitustehosta. Tehomuutos tulee olla toteutettavissa, kun laitoksen teho on 50–100 % mitoitustehosta. Tehomuutos voidaan rajoittaa voimalaitoksen ominaisuuksien mukaiseen suurimpaan sallittuun tehomuutokseen, kun laitoksen teho on alle 50 %, mutta tällöin tehomuutosta rajoittavat määräävät tekijät on ilmoitettava osana toimitettavia tietoja.

Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosten sekä muiden kuin vesi-, kaasuturbiini- tai moottorivoimalaitosten välittömän tehonmuutoksen häiriötilanteissa tulee olla vähintään  $\pm 5$  % mitoitustehosta. Tehomuutos tulee olla toteutettavissa, kun laitoksen teho on 50–90 % mitoitustehosta. Tehomuutos voidaan rajoittaa kyseisen voimalaitoksen ominaisuuksien rajaamaan suurimpaan sallittuun tehomuutokseen, kun laitoksen teho on alle 50 %, mutta tällöin tehomuutosta rajoittavat määräävät tekijät on ilmoitettava osana toimitettavia tietoja.

### 11.3.5 Omakäytölle jääminen ja toiminta omakäytöllä

Voimalaitos on suunniteltava siten, että se pystyy siirtymään turvallisesti omakäytölle silloin, kun liittymispisteen jännitteet tai taajuudet ovat sellaiset, että voimalaitos luvun 10 mukaan saa siirtyä omakäytölle. Voimalaitoksen tulee kyetä siirtymään omakäytölle miltä tahansa tehotasolta minimi- ja mitoitustehon välillä.

Vesivoimalaitosten ja reservikaasuturbiinivoimalaitosten tulee kyetä toimimaan omakäytöllä vähintään kahdeksan tunnin ajan. Muiden kuin vesi- ja ydinvoimalaitosten tulee kyetä toimimaan omakäytöllä vähintään tunnin ajan ja niiden tulee olla tämän jälkeen uudelleen käynnistettävissä ja tahdistettavissa takaisin sähköjärjestelmään mahdollisimman nopeasti tekniset reunaehdot huomioiden, kuitenkin enintään neljässä tunnissa seuraavien 12 tunnin aikana. Ydinvoimalaitosten on toimittava omakäytöllä ja oltava käynnistettävissä turvallisuusteknisten käyttöehtojensa ja Säteilyturvakeskuksen (STUK) määräysten edellyttämällä tavalla.

Seuraavat kuvaukset on toimitettava osana toimitettavia tietoja:

- 1) Kuvaus voimalaitoksen omakäyttötehosta. Mikäli omakäyttöteho riippuu voimalaitoksen toimintatilasta, omakäyttötehon riippuvuus toimintatilasta on kuvattava osana toimitettavaa dokumentaatiota.
- 2) Kuvaus siitä, kuinka pitkään laitos kykenee toimimaan omakäytöllä.
- 3) Tieto viiveestä omakäytölle jäämisen ja sähköjärjestelmään tahdistumisen välillä sekä viiveeseen vaikuttavat tekijät.

## 12 Tahtikonevoimalaitosten loistehokapasiteetti

### 12.1 Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen loistehokapasiteetti

Liittymispisteen verkonhaltija asettaa loistehokapasiteettivaatimuksen tyypin B voimalaitokselle. Vaatimus ei saa kuitenkaan ylittää tyypin C ja D tahtikonevoimalaitoksille asetettua loistehokapasiteettivaatimusta.

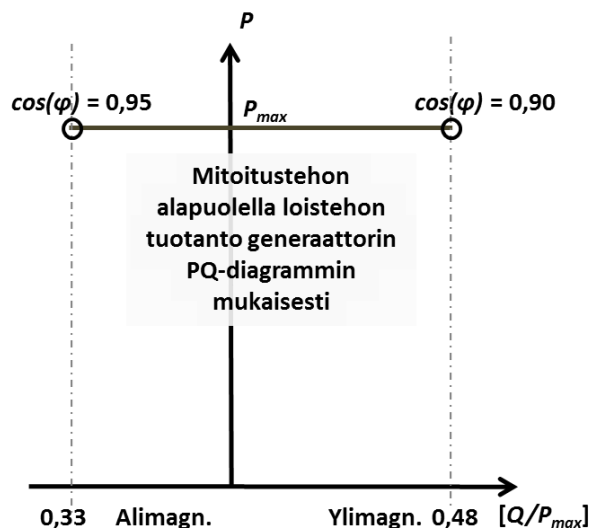
### 12.2 Tyypin C ja D tahtikonevoimalaitosten loistehokapasiteetti

#### 12.2.1 Generaattorilta vaadittava loistehokapasiteetti

Voimalaitoksen generaattori(e)n tulee voida toimia jatkuvasti mitoitusteholla  $P_{max}$ , kun generaattorin liittimistä mitattava tehokerroin on 0,95kap–0,90ind. Kuva 12.1 havainnollistaa tätä.

Generaattorin toimiessa mitoitus-tehoa pienemmillä tehoilla sen tulee kyetä tuottamaan tai kuluttamaan loistehoa generaattorin mitoitusjännitteellä ja -taajuudella laaditun PQ-diagrammin mukaisesti.

Voimalaitoksen tulee kyetä rajoittamaan liittymispisteen jännitteen nousua kuluttamalla loistehoa, kun liittymispisteen jännite on korkeampi kuin liittymispisteen verkonhaltijan määrittämä normaali käyttöjännite. Voimalaitoksen tulee kyetä rajoittamaan liittymispisteen jännitteen laskua tuottamalla loistehoa, kun liittymispisteen jännite on matalampi kuin liittymispisteen verkonhaltijan määrittämä normaali käyttöjännite.



**Kuva 12.1. Tahtikonevoimalaitokselta vaadittava loistehokapasiteetti.**

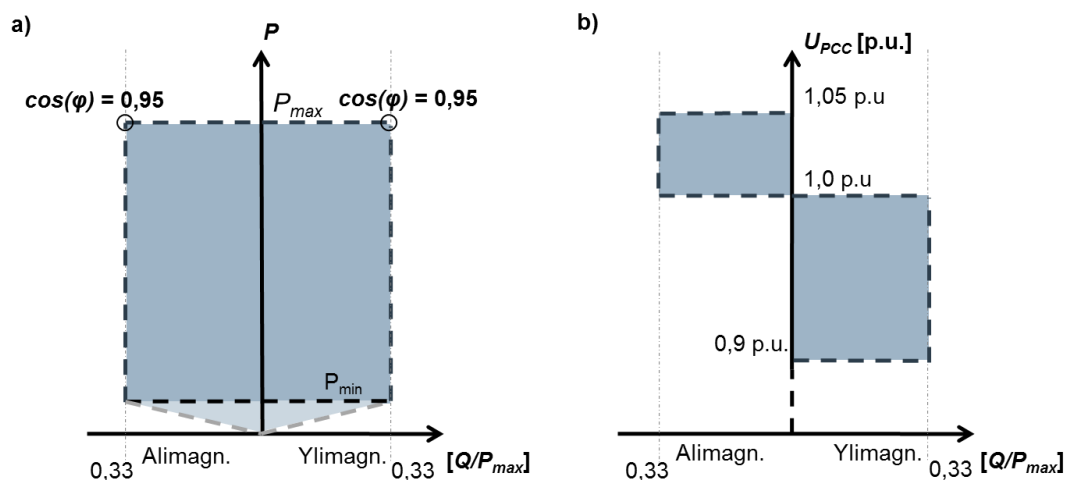
#### 12.2.2 Tahtikonevoimalaitokselta vaadittava loistehokapasiteetti

Voimalaitoksen tulee kyetä tuottamaan ja kuluttamaan loistehoa ( $Q$ ) minimitehonsa ja mitoitus-tehonsa rajaamalla toiminta-alueella yli- tai alimagnetoituna loistehokapasiteetilla, joka vastaa toimintapistettä nimellistehon tehokertoimella 0,95. Kuvassa 12.2a) on kuvattu tämä loistehokapasiteettialue.

Liittymispisteestä mitatun loistehon tulee olla kuvan 12.2b) osoittamalla tavalla:

- $0-0,33 [Q/P_{max}]$  ylimagn., kun liittymispisteen jännite on  $0,90-1,00$  pu.
- $0-0,33 [Q/P_{max}]$  alimagn., kun liittymispisteen jännite on  $1,00-1,05$  pu.

Voimalaitokselta ei vaadita loistehontuotantoa minimitehoa pienemmällä teholla.



**Kuva 12.2. Loistehokapasiteettivaatimukset pätötehon ja liittymispisteen jännitteen funktiona tyypin C ja D tahtikonevoimalaitoksille. Kuvassa jännite 1,0 pu vastaa liittymispisteen verkonhaltijan määrittämää normaalia käyttöjännitettä.**

Mikäli voimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimusta ei voida väliaikaisesti täyttää esimerkiksi generaattorin tai kompensointilaitteiden epäkäytettävyydestä johtuen, voimalaitoksen pätötehotuotantoa tulee rajoittaa tehotasolle, jolla loistehokapasiteettivaatimus täyttyy.

### 12.2.3 Lisäloistehokapasiteetti

Loistehokapasiteetin osalta liittymispisteen verkonhaltija voi määritellä lisäloistehon, joka on tuotettava, jos tahtikonevoimalaitoksen liittymispiste ei ole generaattorimuuntajan suurjänniteliittimissä, joissa jännitetaso nostetaan liittymispisteen tasoon, eikä vaihtosähkögeneraattorin liittimissä, jos generaattorimuuntajaa ei ole.

Tämän lisäloistehon on kompensoitava liittymisjohdon tai -kaapelin kuluttama loisteho ja sen on oltava säätyvä siten, että liittymispisteessä käytettävissä oleva loisteho on luvun 12.2.2 mukainen.

### 12.2.4 Loistehokapasiteetilaskelma

Liittymäjän on toimitettava voimalaitoksen liittymispisteen verkonhaltijalle laskelma voimalaitoksen loistehokapasiteetista liittymispisteessä. Laskelma on toimitettava vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1. Laskelmassa on osoitettava voimalaitoksen kyky tuottaa ja kuluttaa loistehoa taulukossa 12.1 määritetyillä liittymispisteen jännitetasoilla ja voimalaitoksen pätötehotasoilla.

Mikäli voimalaitoksen generaattorimuuntaja on varustettu käämikytkimellä, laskelma on esitettävä generaattorimuuntajan käämikytkimen keskiasennon lisäksi käämikytkimen automaattisäädöllä.

Voimalaitokselle laskelmalla määritetyn loistehokapasiteetin lisäksi loistehokapasiteetilaskelmassa on esitettävä laskelman lähtökohtina käytetyt tiedot, kuten generaattoreiden jännitealueet ja PQ-diagrammit. Loistehokapasiteetilaskelmaan tulee merkitä loistehoa rajoittavien rajoittimien asettelut.

Loistehokapasiteetilaskelmassa tulee tarpeen mukaan huomioida generaattorin lisäksi muut voimalaitoksen komponentit, jotka tuottavat ja kuluttavat loistehoa. Laskelma tehdään 50 Hz:n taajuudella.

Liittymispisteen jännitetasolla toimintapiste 0,85 pu on lyhytaikainen, ja tässä toimintapisteessä voimalaitoksen on kyettävä toimimaan vähintään 10 sekunnin ajan.

#### Taulukko 12.1. Loistehokapasiteetilaskelmassa käytettävät toimintapisteet.

Liittymispisteen jännite [p.u.]	0,85*	0,90	1,00	1,05	1,10
Tehotaso 1	Minimiteho				
Tehotaso 2	P=0,50xPmax				
Tehotaso 3	Mitoitusteho				
*Toimintapiste 0,85 p.u. on hetkellinen, tässä toimintapisteessä saatavilla oleva loisteho on pystyttävä tuottamaan vähintään 10 sekunnin ajan					

Mikäli voimalaitoksen komponentit poikkeavat suunnitellusta, voimalaitoksen loistehokapasiteetilaskelma tulee päivittää ja toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle.

Loistehokapasiteetilaskelman määrittämä voimalaitoksen loistehokapasiteetti liittymispisteessä tulee todentaa käyttöönottokokeiden yhteydessä luvussa 14 kuvattujen periaatteiden mukaisesti.

### 12.2.5 Loistehokapasiteetin rajoittaminen

Generaattorin ja voimalaitoksen jännitteensäädön rajoittimet tulee suunnitella ja asetella siten, että niiden toiminta rajoittaa mahdollisimman vähän voimalaitoksen kykyä tuottaa ja kuluttaa loistehoa.

Loistehokapasiteetin rajoittamiseksi käytettävien magnetoinnin lisäsäätöjen, rajoittimien ja magnetoinnin toimintaan liittyvien suojiin tulee olla koordinoitu siten, että generaattorin loistehokapasiteetti tulee hyödynnettyä tehokkaasti ilman generaattorin verkosta irtikykytymisen riskiä.

## 13 Tahtikonevoimalaitosten jännitteensäätö

### 13.1 Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö

Jännitteensäätöjärjestelmän osalta tahtikonevoimalaitoksen on oltava varustettu pysyvällä automaattisella magnetoinnin säätöjärjestelmällä, joka tuottaa vaihtosähkögeneraattorin vakioliitinjännitteen valittavissa olevalla asetusarvolla stabiilisti tahtikonevoimalaitoksen koko käyttöalueella.

### 13.2 Tyypin C tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö

#### 13.2.1 Jännitteensäädön toiminta ja käyttötapa

Voimalaitoksen generaattoreilla on oltava generaattorin liitinjännitteen vakiojännitesäätö. Säätö tulee toteuttaa siten, että säädön toiminta on jatkuvaa ja säädön toiminnan vaikutuksesta loistehon muutokset liittymispisteessä tapahtuvat portaattomasti.

Säädön tulee mahdollistaa luvussa 12 määritetyn voimalaitoksen loistehokapasiteetin hyödyntäminen voimalaitoksen tuottaessa pätötehoa sähköjärjestelmään. Säädön toiminta ei saa häiriintyä verkon jännitteen ja taajuuden muutoksista tai lyhytaikaisista jännitehäiriöistä.

Generaattorin jännitteensäädön ensisijainen käyttötapa on liitinjännitteen vakiojännitesäätö. Mikäli alueellisen tai paikallisen jännitteensäädön tarpeista tai muista vastaavista järjestelmän käyttöön liittyvistä syistä on perusteltua käyttää muuta säätötapaa tai ylempää laitostason säätöä, tulee säädön tarvittaessa pystyä vastaamaan jännitteen muutoksiin kuten generaattorin liitinjännitteen vakiojännitesäätö. Muun kuin vakiojännitesäädön käyttämisestä voimalaitoksen ensisijaisena jännitteensäädön käyttötapana on sovittava erikseen liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Voimalaitosten jännitteensäädön asetteluperiaatteet on esitetty liitteessä B.

#### 13.2.2 Generaattorin jännitteensäädön suorituskyky

Sähköjärjestelmän käyttövarmuuden turvaamiseksi jännitteensäädön toteutuksessa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Jännitteensäätäjä tulee toteuttaa kaksikanavaisena. Kanavanvaihdon on tapahduttava automaattisesti käytössä olevan säätökanavan vikaantuessa.
- Kummassakin säätökanavassa tulee olla automaattinen generaattorin liitinjännitteensäätö ja sen varajärjestelmänä magnetointivirran vakiovirtasäätö (magnetointivirran käsisäätö).
- Säätökanavan tai säätötilan vaihdosta aiheutuvan muutosilmiön suuruus tulee minimoida, eikä siitä saa aiheutua haittaa voimalaitoksen toiminnalle tai sähkönlaatupoikkeamaa liittymispisteen verkkoon.
- Jännitteensäätäjä on mitoitettava siten, että sen kattojännite on staattisella magnetoinnilla vähintään kaksi kertaa ja harjattomalla magnetoinnilla vähintään 1,6 kertaa generaattorin mitoituskuormitusta<sup>1)</sup> vastaava magnetointijännite ottaen

huomioon kuitenkin muut jännitteensäädölle asetettavat vaatimukset. Kattojännite tulee kyetä ylläpitämään vähintään 10 sekunnin ajan. Kattomagnetointi tulee huomioida voimalaitoksen suojauksen sekä magnetoinnin rajoittimien asettelussa sekä generaattorin mitoituksessa.

Kun tyhjäkäyvän ja verkosta irti olevan generaattorin jännitteensäätäjän asetteluarvoa muutetaan askelmaisesti ylöspäin 95 prosentista 105 prosenttiin, on askelvasteen oltava seuraavanlainen:

- 1) Staattisella magnetoinnilla askelvasteen nousuajan nollassa 90 prosenttiin liitinjännitteen kokonaismuutoksesta tulee olla 0,2–0,3 sekuntia,
- 2) Harjattomalla magnetoinnilla askelvasteen nousuajan nollassa 90 prosenttiin liitinjännitteen kokonaismuutoksesta tulee olla 0,2–0,5 sekuntia.

Kun tyhjäkäyvän ja verkosta irti olevan generaattorin jännitteensäätäjän asetteluarvoa muutetaan askelmaisesti alaspäin 105 prosentista 95 prosenttiin, on askelvasteen oltava seuraavanlainen:

- 1) Staattisella magnetoinnilla askelvasteen negatiivisen nousuajan nollassa 90 prosenttiin liitinjännitteen kokonaismuutoksesta tulee olla 0,2–0,3 sekuntia,
- 2) Harjattomalla magnetoinnilla askelvasteen negatiivisen nousuajan nollassa 90 prosenttiin liitinjännitteen kokonaismuutoksesta tulee olla 0,2–1,5 sekuntia.

Jännitteensäätäjä tulee asetella siten, että askelvaste ei värähtele. Edellä määritellyissä askelvasteissa ylitys saa olla korkeintaan 15 % mitatusta liitinjännitteen kokonaismuutoksesta.

Generaattorin jännitteensäätäjän suorituskykyvaatimus tulee täyttää normaalia matalammassa tai korkeintaan normaalissa generaattorin käyttölämpötilassa, jossa suoritetaan generaattorin käyttöönoton aikainen keskeytymätön testiajo.

### 13.2.3 Generaattorin jännitteensäädön suorituskykylaskelma

Liittyjän on toimitettava voimalaitoksen liittymispisteen verkonhaltijalle laskelma voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyvystä. Laskelma on toimitettava vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1. Laskelmassa on osoitettava voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyky, kun tyhjäkäyvän ja verkosta irti olevan generaattorin jännitteensäätäjän asetteluarvoa muutetaan luvussa 13.2.2 kuvatun mukaisesti:

- askelmaisesti ylöspäin 95 prosentista 105 prosenttiin,
- askelmaisesti alaspäin 105 prosentista 95 prosenttiin.

Kuvaus laskennassa käytetystä mallista, mukaan lukien laskennassa käytetyt parametrit ja säätöjärjestelmien lohkoavioesitykset, on toimitettava osana laskelmaa liittymispisteen verkonhaltijalle.



#### 13.2.4 Generaattorin jännitteensäädön toimintatilat ja toiminnallisuudet

Jännitteensäätäjän tulee kyetä toimimaan generaattorin liitinjännitteen vakiojännitesäädöllä. Lisäksi jännitteensäätäjällä voi olla muita toimintatiloja, kuten esimerkiksi vakioloistehosäätö tai vakiotehokerroinsäätö.

Säätöjärjestelmään tulee kuulua jännitteensäätäjän ja mahdollisen lisästabiloinnin lisäksi generaattoria ylikuormitukselta suojaavat toiminnallisuudet.

Vakiojännitesäädön asetteluarvon tulee olla aseteltavissa suhteessa generaattorin jännitteelle määritettyjen (jatkuva toiminta) raja-arvojen mukaisesti enintään 0,01 pu:n portaissa.

Jännitteensäädön loistehostatiikan tulee olla lineaarinen sekä aseteltavissa alueella 0–7 % enintään 0,5 prosenttiyksikön portaissa. Asetteluarvo voidaan asettaa positiivisena tai negatiivisena.

Mikäli voimalaitokselle toteutetaan vakioloistehonsäätö, asetteluarvon tulee olla aseteltavissa enintään 1 Mvar:n portaissa.

Mikäli voimalaitokselle toteutetaan vakiotehokerroinsäätö, asetteluarvon tulee olla aseteltavissa enintään 0,005 portaissa.

#### 13.2.5 Jännitteensäädön toimintatilojen muutokset

Säädön toimintatilan muutokset on kyettävä tekemään generaattorin ollessa verkossa.

Säädön toimintatilan ja toimintapisteen muutosten tulee tapahtua ilman merkittäviä äkillisiä muutoksia tai toistuvia ja merkittäviä heilahteluita laitoksen tuottamassa lois- tai pätötehossa.

Jännitteensäätäjän toimintatilojen ja asetteluarvojen ohjauksen tulee toimia samalla tavalla riippumatta siitä, ohjataanko laitosta paikallisesti vai kaukokäytöllä.

Toimintatilojen ja asetusarvojen muutokset tulee kyetä tekemään voimalaitoksen valvomosta.

#### 13.2.6 Jännitteensäädön toimintaan liittyvät rajoittimet ja suojaukset

Generaattorin virranrajoittimilla tulee olla käänteinen aikakarakteristika, jotta generaattorin jännitteensäätölaitteiden ylikuormitusalueetta voidaan hyödyntää erilaisissa käyttötilanteissa.

Rajoittimien toiminnan tulee ohjata mahdollisimman suoraan ja viiveettömästi jännitteensäätäjän toimintaa mahdollisten voimakkaiden yli- tai alijännitteiden välttämiseksi voimalaitoksen liittymispisteessä.

Alimagnetoinnin rajoittimen toiminta tulee koordinoita virtarajoittimien (staattori, roottori, magnetointi) sekä magnetoinnin menettämissuojauksen (engl. loss of excitation, LOE) ja mahdollisen lisästabilointipiirin (PSS) kanssa.

Ylimagnetoinnin rajoittimen toiminta tulee koordinoida virtarajoittimien sekä ylivirtasuojien (staattori, roottori, magnetointi) ja mahdollisen lisästabilointipiirin kanssa.

### 13.2.7 Voimalaitoksen jännite- ja loistehosäätöön osallistuvat muut komponentit

Mikäli loistehokapasiteettivaatimuksen saavuttamiseksi hyödynnetään erillisiä, osaksi voimalaitosta toteutettavia kompensointilaitteita, niiden toiminta on koordinoitava voimalaitoksen generaattoreiden säätäjien toiminnan kanssa.

### 13.3 Tyypin D tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäätö

Tyypin D tahtikonevoimalaitosta koskevat samat jännitteensäätövaatimukset kuin tyypin C voimalaitosta (luku 13.2) seuraavin lisäyksin.

Generaattorin magnetointijärjestelmän tehoaste tulee toteuttaa siten, ettei yksittäisen tehopuolijohdesillan vioittuminen alenna magnetointilaitteiston Vaatimusten mukaista suorituskykyä. Vaatimuksen katsotaan täyttyvän, mikäli tehoaste on toteutettu esimerkiksi 2x100 % tai 3x50 % -periaatteella.

Voimalaitoksen generaattoreiden jännitteensäätö on varustettava lisästabilointipiirillä (PSS), mikäli

- voimalaitoksen generaattorin mitoitusteho on yli 20 MW
- kyseessä on useasta itsenäisestä voimalaitoksesta koostuva, mitoitusteholtaan yli 40 MW vesivoimalaitos, jonka yksittäisen generaattorin mitoitusteho on alle 20 MW ja generaattorien liittymispisteet ovat sähköisesti lähellä toisiaan (esim. sama kytkinlaitos).
- generaattori liittyy Lapin sähköverkkoon

Lisästabiloinnin rakenteen tulee olla sellainen, että piiri voidaan virittää vaimentamaan generaattorin ja sähköjärjestelmän välisiä heilahteluja 0,2–2,0 Hz:n taajuuksilla.

Lisästabilointipiiri tulee virittää siten, että se parantaa voimalaitoksen ja sähköjärjestelmän välisen niin kutsutun laitokohtaisen heilahtelutaajuuden vaimennusta. Lisästabilointipiiri ei saa vahvistaa 0,2–2,0 Hz järjestelmätaajuisia heilahteluja. Lisästabilointipiirin virityksessä tulee huomioida toiminta pohjoismaisen sähköjärjestelmän taajuushäiriöissä, joissa esiintyy myös alle 0,2 Hz taajuuskomponentteja.

Fingrid suosittelee käyttämään IEEE 421.5 standardin mukaisia PSS2A, PSS2B tai PSS2C dual-input -tyyppistä lisästabilointia. Lisästabilointipiirin virittämisestä järjestelmätaajuisien heilahteluiden vaimentamiseksi tulee sopia erikseen Fingridin kanssa.

Lisästabiloinnin on oltava päälle- ja poiskytkettävissä voimalaitoksen valvomosta, paikallisesti säätäjistä sekä kaukokäytöllä miehittämättömillä laitoksilla. Lisästabilointisignaalin suuruutta on rajoitettava rajoittimilla, joiden asettelut voidaan valita.

Lisästabilointiin vaatimustenmukainen toiminta tulee todentaa käyttöönottokeiden yhteydessä. Lisästabilointiin virittämistä varten on julkaistu ohje tämän asiakirjan liitteessä B.

## 14 Tahtikonevoimalaitosten käyttöönottokokeet

### 14.1 Kaikkien tahtikonevoimalaitosten käyttöönottokokeiden yhteiset vaatimukset

Liittyjän vastuulla on todentaa voimalaitoksen toiminta sille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Liittyjä vastaa todentamiseen liittyvistä kustannuksista. Vaatimukset tulee todentaa ensisijaisesti voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä suoritettavilla kokeilla, jotka tehdään voimalaitoksen tavanomaisen primäärienergiälähteen avulla.

Liittymispisteen verkonhaltija ja/tai Fingridin edustaja voivat osallistua vaatimustenmukaisuuden varmentamiseen liittyviin kokeisiin joko laitosalueella tai soveltuvalla etäyhteydellä esimerkiksi verkonhaltijan valvontakeskuksesta käsin. Tätä varten liittyjän on annettava käyttöön tarvittavat valvontalaitteet kaikkien merkityksellisten testisignaalien ja mittausten rekisteröimiseksi sekä varmistettava, että tarvittavat liittyjän edustajat ovat läsnä laitosalueella koko kokeen keston ajan. Liittyjän on annettava liittymispisteen verkonhaltijan tai Fingridin määrittelemät signaalit, jos liittymispisteen verkonhaltija tai Fingrid haluaa valikoiduissa kokeissa käyttää omia laitteitaan suorituskyvyn rekisteröimiseen. Liittymispisteen verkonhaltija ja Fingrid päättävät osallistumisestaan oman harkintansa mukaan.

### 14.2 Tyypin B tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet

Liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle kokeista käyttöönottopöytäkirja, johon on dokumentoitu mittauksin todennetut suureet sekä mittausten ajankohta.

Liittyjän vastuulla on todentaa käyttöönottokokein tyypin B tahtikonevoimalaitoksen seuraavat Vaatimusten mukaiset ominaisuudet:

- 1) Voimalaitoksen käynnistyksen ja pysäyttämisen vaikutus jännitetasoon liittymispisteessä
  - Kokeessa tarkastetaan, ettei voimalaitoksen käynnistys tai pysäytys aiheuta sähkön laatupoikkeamia liittymispisteen verkonhaltijan verkossa.
- 2) Voimalaitoksen mitoitusteho
  - Kokeessa tarkastetaan voimalaitoksen liittymissopimuksen mukainen mitoitusteho.
- 3) Voimalaitoksen loistehokapasiteetti
  - Kokeessa tarkastetaan voimalaitoksen loistehokapasiteetti ajamalla voimalaitosta mitoitusteholla sekä suurimmalla mahdollisella induktiivisella ja kapasitiivisella loisteholla.
- 4) Jännitteensäädön toiminta
  - Kokeessa tarkastetaan vakiojännitesäädön toiminta. Liittymispisteen verkonhaltija määrittää tarvittaessa tarkemman ohjeistuksen.
- 5) Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri kasvu. Säättöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka ja dynaamiset parametrit, kuten taajuuden askelmuutoksen vaste, on todennettava.
- Koe on suoritettava simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset. Koe voidaan suorittaa syöttämällä taajuusmittaukseen +0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, jos luvun 10.2.3 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

Liittyjä voi asianmukaisen kokeen suorittamisen sijaan käyttää valtuutetun todentajan antamia laitetodistuksia sen osoittamiseen, että kyseessä olevaa vaatimusta on noudatettu. Tällaisessa tapauksessa laitetodistukset on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle. Lähtökohtaisesti laitetodistuksilla ei voida taata voimalaitoskokonaisuuden ja kaikkien apulaitteiden yhteistoimintaa. Tämän vuoksi laitetodistuksia ei hyväksytä ensisijaisena todentamisen menetelmänä ja niiden käytöstä tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

### 14.3 Tyypin C tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet

#### 14.3.1 Käyttöönottokokeisiin liittyvät suunnitelmat, mittaukset ja tiedonvaihto

Käyttöönottokokeet tulee suorittaa yhteistyössä liittyjän, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Fingridin edustajilla on oikeus osallistua kaikkiin käyttöönottokokeisiin.

Liittyjän on laadittava voimalaitoskohtainen käyttöönottokoesuunnitelma. Suunnitelman tulee kattaa Vaatimusten mukaisen toiminnan testaaminen vähintään tässä luvussa kuvatussa laajuudessa. Liittyjän tulee toimittaa käyttöönottokoesuunnitelma, alustavat käyttöönotto-ohjeet ja kuvaus kokeiden käytännön järjestelyistä. Kuvauksen käytännönjärjestelyistä tulee sisältää ainakin mittausjärjestelyt, vastuuhenkilöt ja alustava aikataulu. Asiakirjat on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle viimeistään 2 kuukautta ennen käyttöönottokokeiden suunniteltua aloitusajankohtaa.

Liittyjän on käyttöönottoon liittyvien suunnitelmien laatimisen ja toimittamisen yhteydessä sovittava tapaaminen liittyjän, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

Tapaamisen ajankohdan on oltava viimeistään 2 kuukautta ennen käyttöönottokokeita. Tapaamisessa liittyjän tulee sopia lopullinen käyttöönottokoesuunnitelma, aikataulu ja käytännön järjestelyt liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Mikäli edellä mainitut osapuolet sopivat, että tapaamista ei järjestetä, tulee tiedonvaihto sovittavien asioiden suhteen järjestää muulla tavoin. Jokaisen edellä mainitun osapuolen tulee nimittää vähintään yksi yhteishenkilö käyttöönottoa varten.

Järjestelmävastaavana Fingridillä on oikeus peruuttaa tai muuttaa käyttöönottokokeiden aikataulua, mikäli kokeiden suorittaminen suunniteltuna ajankohtana ei ole sähköjärjestelmän käyttötilanteesta johtuen mahdollista. Liittymispisteen verkonhaltijalla

on vastaava oikeus oman sähköverkkonsa käyttötilanteen osalta. Peruuttamisen tai aikataulun muuttamisen syitä voivat olla esimerkiksi voimalaitosten käyttöön liittyvät olosuhteet tai sähköjärjestelmän käyttötilanne. Mikäli käyttöönottokokeiden ajankohtaa joudutaan siirtämään, liittyjä sopii uudesta aikataulusta liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

Kaikissa käyttöönottokokeista tulee mitata vähintään 1 kHz:n näytteistystaajuudella ja tallentaa ainakin seuraavat suureet vähintään 50 Hz:n tallennustaajuudella:

- generaattorin liitinjännite,
- generaattorin tai sen magnetointikoneen magnetointijännite,
- generaattorin taajuus,
- generaattorin tai sen magnetointikoneen magnetointivirta,
- generaattorin pätöteho ja
- generaattorin loisteho.

Lisäksi tulee tallentaa käyttöönottokokeessa säädettävän suureen asetteluarvo sekä asetteluarvon muutokset.

Mittauksissa voidaan hyödyntää voimalaitoksen omia kiinteitä mittalaitteita, mikäli ne täyttävät em. vaatimukset.

Käyttöönottokokeet on suunniteltava siten, että voimalaitoksen todellisen toiminnan ja dynamiikkamallinnustietojen vastaavuus voidaan laskelmin osoittaa.

#### 14.3.2 Käyttöönottokokeen korvaaminen

Liittyjä voi asianmukaisen kokeen suorittamisen sijaan käyttää valtuutetun todentajan antamia laitetodistuksia sen osoittamiseen, että kyseessä olevaa vaatimusta on noudatettu. Tällaisessa tapauksessa laitetodistukset on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle. Lähtökohtaisesti laitetodistuksilla ei voida taata voimalaitoskokonaisuuden ja kaikkien apulaitteiden yhteistoimintaa. Tämän vuoksi laitetodistuksia ei hyväksytä ensisijaisena todentamismenetelmänä ja niiden käytöstä tulee sopia erikseen Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

Mikäli käyttöönottokokeen suorittaminen ei ole mahdollista liittymispisteen verkonhaltijan verkon tai sähköjärjestelmän käyttötilanteesta johtuen, tulee liittyjän sopia erikseen Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa käyttöönottokokeen korvaamisesta. Fingrid määrittää, voidaanko jokin käyttöönottokoe mahdollisesti korvata jollakin seuraavista menetelmistä:

- 1) valtuutetun todentajan myöntämät laitetodistukset, akkreditoitujen laboratorioden sertifikaatit tai vastaavat yksityiskohtaiset turbiini-generaattoreiden testausraportit,
- 2) jatkuva seuranta,

- 3) todennettuja laskentamalleja käyttäen suoritettut laskentatarkastelut.

### 14.3.3 Käyttöönottokokeiden dokumentointi ja hyväksyminen

Liittyjän vastuulla on dokumentoida käyttöönottokokeet ja niiden tulokset käyttöönottoraporttiin, joka osoittaa käyttöönottokokeissa todennettujen ominaisuuksien vaatimustenmukaisuuden. Liittyjän tulee toimittaa käyttöönottoraportti sähköisenä asiakirjana sekä käyttöönottokokeiden tulokset numeerisessa muodossa luvun 15.2.2 määrittämässä laajuudessa liittymispisteen verkonhaltijalle. Liittyjän on sovittava erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa luvussa 6.3 kuvattujen vaiheittain etenevien voimalaitoshankkeiden osalta kokeiden suorittamisajankohdasta.

Liittymispisteen verkonhaltijan vastuulla on vahvistaa vaatimukseen liittyvän todentamisvelvoitteen täytyminen käyttöönottokokeiden osalta seuraavien neljän osakokonaisuuden perusteella:

- 1) Kokeiden valmistelu, suunnittelu ja tiedonvaihto on toteutettu Vaatimusten mukaisesti.
- 2) Kokeet on suoritettu Vaatimusten mukaisessa laajuudessa.
- 3) Kokeissa todennettu voimalaitoksen toiminta on Vaatimusten ja voimalaitoksesta toimitettujen tietojen mukainen.
- 4) Kokeista on toimitettu Vaatimukseen liittyvien kokeiden osalta käyttöönottoraportti sekä mittausdata numeerisessa muodossa (luku [15.1.2](#)).

Käyttöönottoraportin kuvaajissa ja taulukoissa tulee esittää käyttöönottokokeissa mitatut suureet ja asetusarvojen muutokset sellaisella aikaikkunalla ja resoluutiolla, joka mahdollistaa tulosten vaatimustenmukaisuuden arvioinnin kunkin testin osalta. Mikäli kokeen tuloksen arvioinnin kriteerinä on jokin tavoiteltava numeerinen raja-arvo, tulee raportissa esittää selvästi kyseinen arvo sekä sen kytkentä voimalaitoksen suunnitteluperusteisiin.

### 14.3.4 Käyttöönottokokeissa todennettavat toiminnot

Ennen käyttöönottokokeiden aloittamista tulee tarkastaa, että voimalaitoksen säätöjen, rajoittimien ja suojausten laiteasettelut vastaavat toimitettuja tietoja. Erityisesti tulee todentaa toimitetuissa simulointimalleissa käytettyjen parametrien vastaavuus. Eroavaisuudet asetteluissa tulee selvittää ennen käyttöönottokokeiden aloittamista. Asetteluiden tarkastus sekä mahdolliset käyttöönottokokeiden aikana tehdyt muutokset asetteluihin tulee dokumentoida ja sisällyttää käyttöönottoraporttiin.

Käyttöönottokokeissa on todennettava seuraavat toiminnot:

- 1) Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila
  - Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätoheoa taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri kasvu. Säätöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka, ja dynaamiset parametrit, kuten taajuuden askelmuutoksen vaste, on todennettava.

- Koe on suoritettava simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset.
- Koe voidaan suorittaa osoittamalla säädön aktivoituminen syöttämällä taajuusmittaukseen +0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %. Lisäksi osoitetaan, ettei säätö aktivoidu alle 0,5 Hz ylitaajuudella.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 10.2.3 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

## 2) Taajuussäätö-alitaajuustoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa mitoitustehon alapuolella olevissa toimintapisteissä taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri pudotus.
- Koe on suoritettava simuloimalla asianmukaisia pätötehon kuormituspisteitä pienillä taajuusaskelilla ja -rampeilla, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset.
- Koe voidaan suorittaa osoittamalla säädön aktivoituminen syöttämällä taajuusmittaukseen -0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %. Lisäksi osoitetaan, ettei säätö aktivoidu alle 0,5 Hz alitaajuudella.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 10.4.2 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

## 3) Taajuussäätötoimintatila ja pätötehon muutosnopeus häiriötilassa

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa koko käyttöalueella mitoitustehon ja pienimmän säätötason välillä taajuuden säätämiseksi. Säätöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka ja kuollut alue, ja dynaamiset parametrit, kuten häiriönsieto taajuuden askelmuutoksen vasteessa ja suurten ja nopeiden taajuuspoikkeamien aikana, on todennettava. Säätimen automaattinen tilamuutos normaali- ja häiriötilan välillä on todennettava. Kokeiden alkaessa voimalaitoksen pätötehotuotannon tulee olla vähintään 30 % voimalaitoksen mitoitustehosta ja taajuussäädön säätöalueen tulee olla vähintään  $\pm 10$  % voimalaitoksen mitoitustehosta.
- Koe on suoritettava verkon taajuusmittaukseen perustuen sekä simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aktivoimaan koko pätötehon taajuusvastealueen. Kokeessa on otettava huomioon statiikka-asetukset ja kuollut alue sekä kyky tosiasiallisesti kasvattaa tai vähentää pätötehon tuotantoa kyseessä olevaan toimintapisteeseen nähden. Kokeessa häiriösignaali tulee nollata aina ennen uuden häiriösignaalin antamista. Koe voidaan suorittaa seuraavin menettelyin:



- a) Mitataan taajuussäädön vaste vähintään 10 minuutin ajan verkon normaaliin taajuusmittaukseen perustuen.
  - b) Syötetään taajuusmittaukseen  $+0,1:n$  Hz suuruinen häiriösignaali askel- sekä ramppimaisena, kahdella eri statiikan arvolla esim. 4 % ja 6 %.
  - c) Syötetään taajuusmittaukseen  $+0,5$  Hz suuruinen häiriösignaali askel- sekä ramppimaisena, kahdella eri statiikan arvolla esim. 4 % ja 6 %.
  - d) Syötetään taajuusmittaukseen  $-0,1$  Hz suuruinen häiriösignaali askel- sekä ramppimaisena, kahdella eri statiikan arvolla esim. 4 % ja 6 %.
  - e) Syötetään taajuusmittaukseen  $-0,5$  Hz suuruinen häiriösignaali askel- sekä ramppimaisena, kahdella eri statiikan arvolla esim. 4 % ja 6 %.
  - f) Syötetään taajuusmittaukseen häiriötilan tilamuutoksen taajuusrajaa 10 mHz pienempi muutos, jossa tilamuutosta ei tapahdu. Tämän jälkeen syötetään taajuusmittaukseen häiriötilan tilamuutoksen taajuusrajaa 10 mHz suurempi muutos, jossa tilamuutos tapahtuu ja määritetään aktivoitumisaika. Palautetaan taajuus 50,0 Hz:iin ja odotetaan, että säädin palaa normaalitilaan. Tämän jälkeen todennetaan tilamuutoksen palautumisen jälkeinen estoaika samansuuntaisella ja erisuuntaisella taajuusrajan ylityksellä.
  - g) Asetetaan kuollut alue  $\pm 10$  mHz ja mitataan taajuussäädön vaste vähintään 5 minuutin ajan verkon normaaliin taajuusmittaukseen perustuen.
  - h) Asetetaan kuollut alue  $\pm 100$  mHz. Syötetään taajuusmittaukseen  $+50$  mHz ja  $-50$  mHz suuruinen häiriösignaali, tämän jälkeen syötetään  $+150$  mHz ja  $-150$  mHz suuruinen häiriösignaali.
  - i) Asetetaan statiikka asettelualueen minimi- ja maksimiarvoon. Asetetaan kuollut alue asettelualueen maksimi- ja minimiarvoon.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 11.3.3 sekä luvun 11.3.4.2 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.
- 4) Pätötehon muutosnopeus
- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa pätötehoa luvun 11.3.4.1 määrittämällä käyttöalueella ja muutosnopeudella. Koe voidaan suorittaa ohjaamalla voimalaitoksen pätöteho pienimmälle pätötehotasolle, jossa vaadittu pätötehon muutosnopeus on mahdollinen ja tämän jälkeen ohjaamalla voimalaitoksen pätöteho suurimmalle pätötehotasolle, jossa vaadittu pätötehon muutosnopeus on mahdollinen. Tämän jälkeen koe toistetaan päinvastaisessa järjestyksessä.

- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 11.3.4.1 vaatimukset täyttyvät ja tehomuutoksen aikana tai sen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

## 5) Siirtyminen omakäytölle

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky siirtyä omakäytölle ja toimia stabiilisti omakäytöllä.
- Koe on suoritettava voimalaitoksen mitoitusteholla ja normaalikäytön aikaisella loisteholla ennen irtikytkeytymistä sähköjärjestelmästä. Irtikytkeytymisen jälkeen omakäytöllä on toimittava vähintään tunnin ajan ennen uudelleen tahdistumista sähköjärjestelmään.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli siirtyminen omakäytölle onnistuu, stabiili toiminta omakäytöllä on osoitettu vähintään tunnin ajan ja uudelleen tahdistuminen sähköjärjestelmään on suoritettu onnistuneesti.

## 6) Jännitteensäädön askelvastekoe tyhjäkäynnillä

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen jännitteensäädön suorituskyky luvun 13.2.2 vaatimusten mukaisesti generaattorin toimiessa tyhjäkäynnillä sähköverkosta irtikytkytyneenä.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 13.2.2 vaatimukset täyttyvät ja askelvastekokeiden jälkeen voimalaitos saavuttaa stabiilin toimintapisteen, jossa ei esiinny huonosti vaimenevia lois- tai pätötehoheilahteluja.

## 7) Kanavanvaihdon testaus

- Kokeen on osoitettava jännitteensäätäjän kanavanvaihdon toiminta luvun 13.2.2 vaatimusten mukaisesti säätäjän yksittäisen kanavan viassa.
- Koe voidaan suorittaa generaattorin ollessa kytkeytyneenä sähköverkkoon simuloimalla säätäjävika vuorotellen molempiin säätökanaviin.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 13.2.2 vaatimukset täyttyvät, eikä kanavanvaihdossa esiinny sähkölaatupoikkeaman aiheuttavaa muutosilmiötä generaattorin pätö- tai loistehossa.

## 8) Jännitteensäädön kokeet sähköverkkoon kytkeytyneenä

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky säätää jännitettä ja toimia lukujen 13.2.4 ja 13.2.5 vaatimusten mukaisesti generaattorin toimiessa sähköverkkoon kytkeytyneenä.
- Kokeessa on suoritettava generaattorin jännitteensäädön askelvastekokeet, kun generaattori on kytkeytyneenä verkkoon. Kokeiden tulee osoittaa

jännitteensäädön ohjearvon ja loistehostatiikan aseteltavuus.

Koe voidaan suorittaa seuraavin menettelyin:

- a) Asetetaan jännitteensäädön loistehostatiikka arvoon 2 % ja muutetaan generaattorin jännitteensäädön ohjearvoa seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu, 1,02 pu, 1,00 pu, 0,98 pu, 1,00 pu.
  - b) Asetetaan jännitteensäädön loistehostatiikka arvoon 4 % ja muutetaan generaattorin jännitteensäädön ohjearvoa seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu, 1,02 pu, 1,00 pu, 0,98 pu, 1,00 pu.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 13.2.4 ja 13.2.5 vaatimukset täyttyvät ja askelvastekokeiden jälkeen voimalaitos saavuttaa stabiilin toimintapisteen, jossa ei esiinny huonosti vaimenevia lois- tai pätötehoheilahteluja.
  - Mikäli jännitteensäätäjällä on vakiojännitesäätön lisäksi käytössä muita toimintatiloja, kuten vakioiloistehosäätö tai vakiotehokerroinsäätö, tulee näiden toiminta todentaa ja raportoida.

#### 9) Jännitteensäädön toimintaan liittyvät rajoittimet ja suojaukset

- Kokeen on osoitettava rajoittimien kyky rajoittaa generaattorin loistehoa lukujen 12.2.5 ja 13.2.6 periaatteiden mukaisesti ennen kuin suojaus toimii. Koe voidaan suorittaa muuttamalla generaattorin jännitteensäädön ohjearvoa hitaasti sekä induktiiviseen että kapasitiiviseen rajaan asti, jolloin rajoitin pysäyttää muutoksen rajoittimen raja-arvoa vasten. Koe voidaan suorittaa myös loistehokapasiteettikokeen yhteydessä.
- Kokeen katsotaan onnistuneen rajoittimien salliessa generaattorin loistehokapasiteetin laajan hyödyntämisen lukujen 12.2.5 ja 13.2.6 periaatteiden mukaisesti.

#### 10) Loistehokapasiteettikoe ja pätötehon rajoittaminen

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky kuluttaa ja tuottaa loistehoa luvun 12.2 vaatimusten mukaisesti ja todentaa loistehokapasiteettilaskelman tulokset. Lisäksi kokeessa todennetaan pätötehon rajoittaminen ja pätötehon säädön tarkkuus.
- Ennen kokeen suorittamista liittyjän tulee sopia liittymispisteen verkonhaltijan kanssa sallituista jännite- ja loistehorajoista. Loistehokapasiteettikoe tulee rajoittaa verkon normaalin käyttöjännitteen sallimiin rajoihin.
- Koe on suoritettava voimalaitoksen suurimmalla induktiivisella sekä suurimmalla kapasitiivisella loisteholla, voimalaitoksen tuottaessa pätötehoa kolmessa eri toimintapisteessä vaaditun toiminta-ajan:
  - a) mitoitusteholla, vähintään 60 minuuttia
  - b) 50 % mitoitustehosta, vähintään 60\* minuuttia

c) minimiteholla, vähintään 60\* minuuttia

\*) Kokeen kesto minimiteholla ja 50 % tehotasolla voidaan lyhentää 15 minuuttiin, mikäli generaattorin ja magnetointilaitteiston loistehokapasiteetti vähintään 60 minuuttia kestävässä kokeessa osoitetaan valtuutetun todentajan antamin laitetodistuksin (tyyppi- tai tehdaskoeraportti). Laitetodistukset tulee esittää osana koeohjelmaa ennen kokeen suorittamista.

- Koe voidaan suorittaa muuttamalla generaattorin jännitteensäädön ohjearvoa hitaasti sekä induktiiviseen että kapasitiiviseen rajaan asti kullakin pätötehotasolla.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli toiminta-aika vaaditussa toimintapisteessä on todennettu ja lukujen 11.3.3.4 ja 12.2 vaatimukset täyttyvät.

#### 11) Lähivikakestoisuus

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen lähivikakestoisuus luvun 10.3.2 (tyyppi C) tai 10.5.2 (tyyppi D) vaatimusten mukaisesti. Lähivikakokeen toteutustapa harkitaan aina tapauskohtaisesti Fingridin toimesta. Mikäli lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluin ja jatkuvan seurannan avulla voimalaitoksen käytön aikana.

#### 12) Kaukokäytön ohjaukset

- Kokeen on osoitettava, että voimalaitokselta vaaditut kaukokäytön ohjaukset ja muu tiedonvaihto (mittaukset, tilatiedot) toimii lukujen 9.3, 10.4.1 ja 10.5.1 (tyyppi D) mukaisesti. Kokeen tulee kattaa kaikki ohjauspaikat mukaan lukien Fingridin sähköinen ohjausyhteys ja mahdollinen liittymispisteen verkonhaltijan ohjausyhteys sekä osoittaa ohjauspaikkojen välisten ohjausoikeuksien priorisointi.
- Koe suoritetaan antamalla ohjauspaikalta sähköinen ohjaus voimalaitokselle. Ohjaukset tulee suorittaa kaikille ohjauksignaaleille ja todentaa, että ensisijaisen ohjausoikeuden omaavan tahon antama ohjaus priorisoidaan. Ohjaukset suoritetaan muiden käyttöönottokokeiden yhteydessä käyttäen voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan ensisijaista käyttöliittymää. Muiden ohjauspaikkojen ohjausten – mukaan lukien Fingridin ja voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan välinen sähköinen ohjausyhteys – toiminta voidaan todentaa erikseen.
- Kokeen katsotaan onnistuneen luvun 10.4.1 ja 10.5.1 vaatimusten täyttyessä.

#### 14.4 Tyypin D tahtikonevoimalaitoksen käyttöönottokokeet

Tyypin D tahtikonevoimalaitosta koskevat samat käyttöönottokoevaatimukset kuin tyypin C tahtikonevoimalaitosta (luku 14.3). Näiden lisäksi tyypin D voimalaitoksen käyttöönottokokeissa tulee todentaa generaattorin jännitteensäädön lisästabilointipiirin (PSS) vaatimustenmukainen toiminta ja ominaisuudet (luku 13.3). Lisästabilointipiirin käyttöönottokokeissa todennetaan säätäjän vaste sähkömekaanisille heilahteluille, koska ne vaikuttavat sähköverkon siirtokykyyn ja siirtokyvyn arvioimiseen.

Lisästabiloointipiirin käyttöönottokokeiden yksityiskohtainen sisältö ja laajuus tulee erikseen sopia Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa. Käyttöönottokokeen on sisällettävä vähintään seuraavat asiat:

- 1) Kokeet tulee suorittaa mitoitusteholla ja vähintään yhdellä siitä poikkeavalla pätötehotasolla.
- 2) Voimalaitoksen säätäjien vaste järjestelmätaajuisten heilahteluiden taajuusalueella tulee todentaa. Tämä voidaan toteuttaa verkon kytkentätilannetta muuttamalla tai syöttämällä erikseen heilahtelua jäljittelevä signaali voimalaitoksen säätäjille (engl. test signal injection).
- 3) Voimalaitoksen ja sen säätäjän toiminta tulee tallentaa kattavasti numeerisessa muodossa käyttäen mittalaitteita, joiden näytteenottotaajuus on riittävä säätäjän vasteen analysointiin.

Lisästabiloointipiirin virittämistä ja siihen liittyvää raportointia koskeva ohje on esitetty tämän asiakirjan liitteenä [B](#).

## 15 Tahtikonevoimalaitosten mallinnusvaatimukset

### 15.1 Tyypin C ja D tahtikonevoimalaitosten mallinnusvaatimukset

#### 15.1.1 Dynamiikkamallinnustietojen toiminnalliset vaatimukset

Dynamiikkalaskentaa varten toimitettavien tietojen tulee mahdollistaa voimalaitoksen turbiini-generaattorin ja sähköjärjestelmän vuorovaikutuksen mallintaminen huomioiden voimalaitoksen turbiini vaste ja vaikutus seuraaviin asioihin:

- 1) jännitteen amplitudin ja sen vaihekulman muutoksiin sähkömekaanisten muutosilmiöiden yhteydessä,
- 2) kulmastiiliuteen liittyviin pienten ja suurten herätteiden jälkeisiin sähkömekaanisiin heilahteluihin taajuuksilla 0,2–2 Hz,
- 3) jännitestiiliuteen liittyviin nopeisiin (10 ms – 10 s) muutosilmiöihin. Näissä on otettava huomioon laitoksen toiminta lyhytaikaisten jännitehäiriöiden yhteydessä sekä pätötehon palautumisen ja loistehokapasiteetin riippuvuus jännitteestä huomioiden jännitteensäätäjän rajoittimet

Dynamiikkalaskentaa varten toimitettavien tietojen tulee mahdollistaa voimalaitoksen todenmukaista toimintaa vastaavien mallien rakentaminen Fingridin käyttämille PSS<sup>®</sup>E ja PSCAD<sup>™</sup>-ohjelmistoille hyödyntäen ohjelmistojen omien kirjastojen mukaisia valmiita lohkokaaavioita (IEEE 421.5).

Mikäli toimitetut mallinnustiedot eivät ole standardoituja ja yksiselitteisiä, tulee mallit toimittaa itse luotuina avoimina (nk. white box) tai suljettuina (nk. black box) valmistajamalleina, jotka ovat yhteensopivia Fingridin määrittelemien simulointiohjelmien kanssa.

#### 15.1.2 Mallinnustietojen todentamista ja dokumentaatiota koskevat vaatimukset

Dynamiikkalaskentaa varten toimitettavat tiedot on todennettava vertaamalla mallinnustietoja käyttäen saatuja laskentatuloksia voimalaitoksen käyttöönottokokeiden tuloksiin. Mallinnustietojen todentamisvaatimus koskee voimalaitosta taulukoiden 15.1 ja 15.2 esittämässä laajuudessa.

Dynamiikkalaskentaa varten toimitettavat tiedot on dokumentoitava. Liittyjän on toimitettava tiedot sähköisinä asiakirjoina liittymispisteen verkonhaltijalle. Toimitettavien asiakirjojen tulee olla kirjoitusasultaan ja rakenteeltaan selkeitä ja yksiselitteisiä.

Dokumentaation tulee kattaa seuraavat pääkohdat:

- 1) Vaihtosähkögeneraattori ja voimakone sekä niihin liittyvät mekaaniset pyörivät komponentit
- 2) Lohkokaavioesitys nopeuden ja pätötehon säädöstä parametreineen (ml. rajoittimet)

- 3) Lohkokaavioesitys jännitteen ja loistehon säädöstä parametreineen (ml. rajoittimet)
- 4) Lohkokaavioesitys lisästabilointipiiristä parametreineen (vain tyyppi D)
- 5) Mallinnustietojen todentamisen tulokset:
  - a) raportti mallinnustietojen todentamisesta,
  - b) laskentatuloksien ja käyttöönottokokeiden tuloksien vertailu taulukon 15.1 esittämässä laajuudessa,
  - c) käyttöönottokokeiden mittaustulokset numeerisessa muodossa taulukon 15.2 esittämässä laajuudessa niiltä osin kuin taulukko 15.1 todennettavaksi velvoittaa,
  - d) selvitys mahdollisista poikkeamista laskentatuloksien ja käyttöönottokokeiden tuloksien välillä.

**Taulukko 15.1. Tahtikonevoimalaitosten mallinnustietojen todentamisvelvoite (X) tyyppiluokittain.**

Todennettava osa-alue	Tyyppi C	Tyyppi D
Generaattorin jännitteensäädön askelvaste tyhjäkäynnillä (sekä jännitteen nousu että lasku)	X	X
Voimalaitoksen loistehokapasiteetti ja kapasiteettia rajoittavien rajoittimien toiminta	X	X
Lisästabiloinnin (PSS) toiminta		X
Lähivikakoe <sup>1</sup>		X

<sup>1</sup> Sovitaan tapauskohtaisesti. Mikäli voimalaitoksen lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluilla.

**Taulukko 15.2. Numeerisessa muodossa toimitettavat käyttöönottokokeiden mittaustiedot, joihin mallinnustiedoilla laskettuja tuloksia verrataan.**

Todennettava osa-alue	$U_{gen}$	$U_f$ tai $U_{ef}$	$f_{gen}$	$I_f$ tai $I_{ef}$	$P_{gen}$	$Q_{gen}$	Signaalit
Generaattorin jännitteensäädön askelvaste (sekä jännitteen nousu että lasku)	X	X	X	X			Jännitteen ohjearvo
Voimalaitoksen loistehokapasiteetti	X	X	X	X	X	X	Jännitteen ohjearvo
Lisästabiloinnin (PSS) toiminta, ks. liite B.	X	X	X	X	X	X	PSS- ulostulosignaalit
Lähivikakoe	Sovitaan tapauskohtaisesti. Mikäli voimalaitoksen lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluilla.						
$U_{gen}$	generaattorin liitinjännite						
$U_{ef}$	magnetointikoneen magnetointijännite						
$U_f$	generaattorin magnetointijännite						
$f_{gen}$	generaattorin taajuus						
$I_{ef}$	magnetointikoneen magnetointivirta						
$I_f$	generaattorin magnetointivirta						
$P_{gen}$	generaattorin pätöteho						
$Q_{gen}$	generaattorin loisteho						

### 15.1.3 Erityistarkasteluvaatimukset

Mikäli erityistarkasteluissa (luku 5) käytetään sähkömagneettisten muutosilmiöiden tarkasteluun soveltuvia laskentaohjelmia, laskennassa käytettävät voimalaitoksen laskentamallit on toimitettava Fingridille osana erityistarkastelun loppuraporttia. Kyseiset laskentamallit on päivitettävä käyttöönottokokeiden jälkeen ja toimitettava Fingridille osana voimalaitoksen loppudokumentaatiota.

### 15.1.4 Vaatimukset kompensointilaitteistojen mallinnukselle

Passiiviset kompensointilaitteistojen tiedot, kuten kondensaattoriparisto, liitetään osaksi toimitettavia mallinnustietoja. Voimalaitosprojektiin liittyvien aktiivisten kompensointilaitteistojen mallinnuksesta on sovittava erikseen Fingridin kanssa.



## Suuntaajakytkettyjä voimalaitoksia koskevat vaatimukset

### 16 Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö

#### 16.1 Tyypin A suuntaajakytketyn voimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö

Tyypin A suuntaajakytketyllä voimalaitoksella tulee olla luvussa 10.2 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet. Mikäli voimalaitoksen ominaisuuksiin kuuluu muita pätötehon ja taajuuden säätöön liittyviä toiminnallisuuksia, on Fingridillä oikeus hyödyntää tarvittaessa näitä toiminnallisuuksia luvun 16.3.1 kuvauksen mukaisesti.

#### 16.2 Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen pätötehon ja taajuuden säätö

Tyypin B suuntaajakytketyllä voimalaitoksella tulee olla luvussa 10.3 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet. Mikäli voimalaitoksen ominaisuuksiin kuuluu muita pätötehon ja taajuuden säätöön liittyviä toiminnallisuuksia, on Fingridillä oikeus hyödyntää tarvittaessa näitä toiminnallisuuksia luvun 16.3.1 kuvauksen mukaisesti.

##### 16.2.1 Pätöteho

###### 16.2.1.1 Minimiteho

Voimalaitoksen minimiteho ja voimalaitoksen kyky toimia lyhytaikaisesti minimitehonsa alapuolella tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja. Voimalaitoksen minimiteho saa olla korkeintaan 10 % voimalaitoksen mitoitustehosta.

Mikäli voimalaitos koostuu useista yksiköistä, eikä minimiteho jakaudu tasaisesti suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden välillä, koko voimalaitoksen minimitehon lisäksi on ilmoitettava yksittäisten yksiköiden minimitehot osana toimitettavia tietoja.

###### 16.2.1.2 Mitoitusteho

Voimalaitoksen pätötehotuotannon riippuvuus ulkoisista tekijöistä, kuten tuulen voimakkuudesta tai ulkoilman lämpötilasta, tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja.

Mikäli voimalaitos koostuu useista yksiköistä, eikä mitoitusteho jakaudu tasaisesti suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden välillä, koko voimalaitoksen mitoitustehon lisäksi on ilmoitettava yksittäisten yksiköiden mitoitustehot osana toimitettavia tietoja.

Hybridivoimalaitoksista ilmoitetaan lisäksi hybridivoimalaitoksen muodostavien laitososioiden mitoitustehot ja sekä tiedot niiden mahdollisesta kyvystä toimia itsenäisinä voimalaitoksina.

Voimalaitoksen ylikuormituskykyyn liittyvät tiedot (esim. kesto ja riippuvuus ulkoisista tekijöistä kuten lämpötilasta) on toimitettava osana toimitettavia tietoja.

Mitoitusteho voidaan rajoittaa ohjelmallisesti liittymän sähköntuotantolaitteiston asennetun tuotantokapasiteetin määrittämää nimellistä mitoitustehoa pienemmäksi. Mikäli

voimalaitoksen mitoitustehoa rajoitetaan ohjelmallisesti, tulee kuvaus rajoituksen syistä, toteutuksesta ja valvonnasta sisällyttää toimitettavaan tietoihin.

Mikäli voimalaitoksen suuntaajakytketyistä yksiköistä samanaikaisesti saatavilla oleva, säätäjillä rajoittamaton pätöteho voi ylittää mitoitustehon, voimalaitos pitää varustaa suojalaitteella, joka varmistaa, ettei mitoitustehoa ylitetä (esim. säätäjäviassa). Suojalaitteen tulee mitata voimalaitoksen pätötehoa ja irrottaa sallitun mitoitustehon saavuttamiseen tarvittava määrä tuotantoa, mikäli teho ylittää  $105\% \times P_{\max}$  20 sekunnin ajan tai  $120\% \times P_{\max}$  yhden sekunnin ajan. Liittymispisteen verkonhaltija voi vaatia suojaukselle alemman asettelun.

#### 16.2.2 Pätötehon rajoittaminen

Pätötehon tuotannon ylärajaa on pystyttävä rajoittamaan siten, että voimalaitoksen pätötehon suurimmalle sallitulle tasolle tulee olla määritettävissä mitoitustehoa pienempi arvo.

Säädettävän ylärajan tulee toiminnallaan varmistaa, että pätötehotuotanto, joka mitataan 10 sekunnin keskiarvoina, ei ylitä määriteltyä tasoa. Ylärajan asettelu tulee antaa vähintään 0,1 MW:n tarkkuudella suuntaajakytketyn voimalaitoksen minimi- ja mitoitustehon rajaamalla alueella.

Pätötehon rajoittamisen yhteydessä tapahtuvan tehomuutoksen nopeutta tulee voida rajoittaa.

#### 16.3 Tyypin C ja D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten pätötehon ja taajuuden säätö

Tässä luvussa esitetyn lisäksi tyypin C suuntaajakytketyllä voimalaitoksella tulee olla luvussa 10.4 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet.

Tässä luvussa esitetyn lisäksi tyypin D suuntaajakytketyllä voimalaitoksella tulee olla luvussa 10.5 kuvatut pätötehon ja taajuuden säätöön sekä tehotason ylläpitoon vaadittavat toiminnallisuudet.

#### 16.3.1 Fingridin oikeudet sähköjärjestelmän häiriötilassa

Fingridillä on oikeus vaatia voimalaitoksia säätämään tässä asiakirjassa esitettyjen tehonsäätöön liittyvien ominaisuuksien mukaisesti, mikäli sähköjärjestelmää ei kyetä häiriön jälkeen palauttamaan normaalitilaan.

#### 16.3.2 Voimalaitoksen käynnistys ja omakäyttö

##### 16.3.2.1 Voimalaitoksen käynnistys

Voimalaitoksen kytkeminen sähköjärjestelmään ei saa aiheuttaa yli 3 %:n muutosta voimalaitoksen liittymispisteen jännitteessä.

Tarpeesta rajoittaa pätötehon tuotannon nousunopeutta voimalaitoksen käynnistämisen yhteydessä tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

## 16.3.2.2 Omakäyttöteho

Voimalaitoksen omakäyttöteho tulee ilmoittaa osana toimitettavia tietoja. Omakäyttöteho ilmoitetaan voimalaitoksen ollessa tuotantovalmiudessa kytkeytyneenä verkkoon ilman pätötehon tuotantoa sekä sen toimiessa mitoitustehollaan (loistehon siirto verkkoon minimoitu).

## 16.3.3 Pätötehon ja taajuuden säädön toteutus

### 16.3.3.1 Yleiset säätäjävaatimukset

Voimalaitos on varustettava laitteilla, joilla pätöteho ja pätötehon muutosnopeus voidaan asetella.

Voimalaitoksen tehonsäädön tulee mahdollistaa pätötehon asetteleminen manuaalisesti sekä pätötehon säätäminen taajuusmittauksen perusteella (taajuussäätö).

### 16.3.3.2 Taajuussäädön toiminnallisuudet

Taajuussäädön on toimittava verrannollisesti taajuuspoikkeamaan eli säätöjärjestelmässä on oltava aseteltavissa oleva taajuussäädön lineaarinen statiikka, jonka asettelu voidaan määrittellä taajuusaluekohtaisesti huomioiden normaali- ja häiriösäätöalueet sekä taajuussäätö-ylitaajuus- ja alitaajuustoimintatilat (LFSM-O/-U), ks. kuva 16.1.

Taajuussäädön toiminnan tulee olla jatkuvaa siirryttäessä taajuusalueelta toiselle.

Taajuussäädön tulee olla kytkettävissä päälle ja pois taajuusaluekohtaisesti.

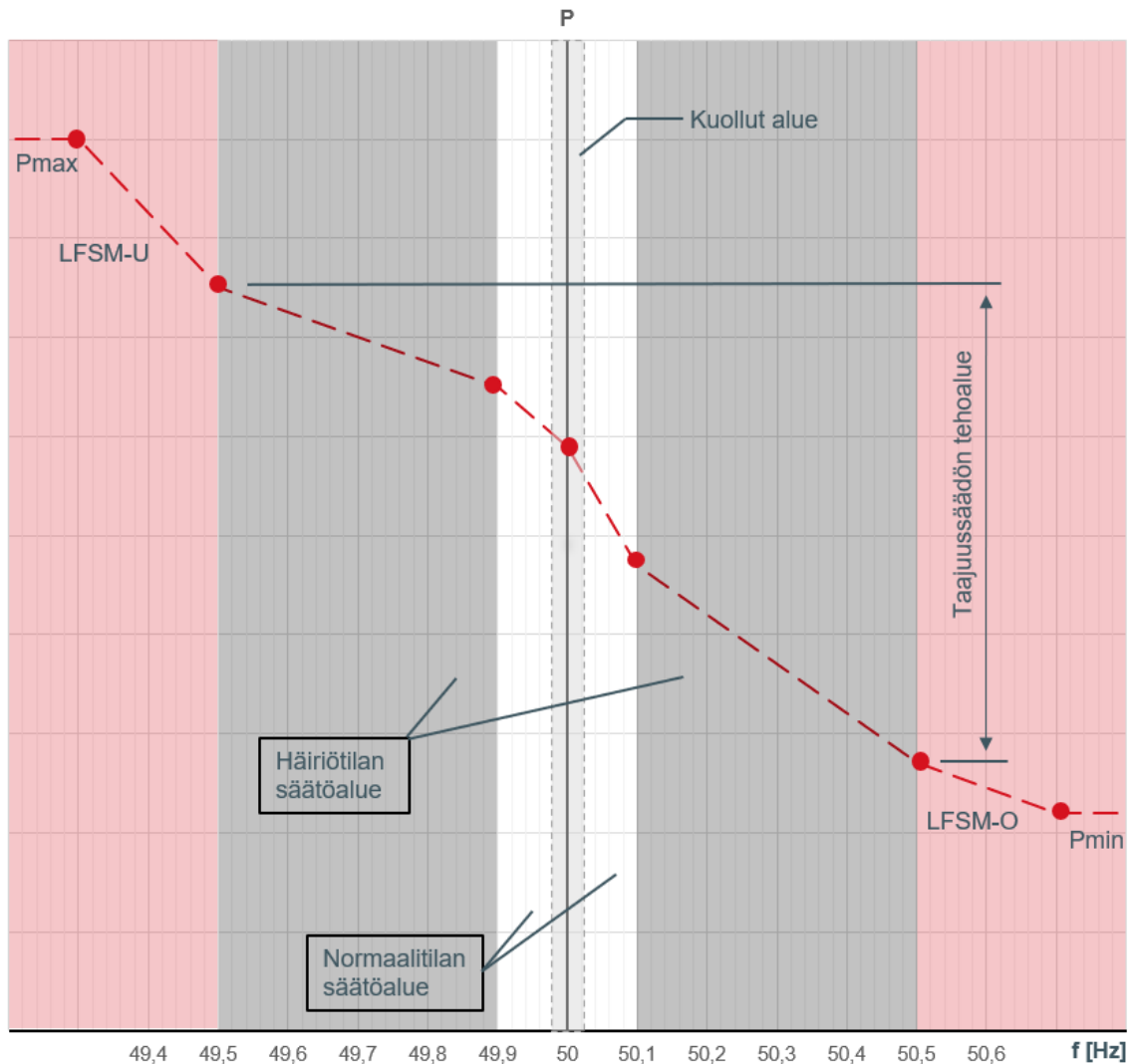
Voimalaitoksen pätötehoa tulee kyetä rajoittamaan siten, että taajuussäädön toiminnan seurauksena voimalaitos voi kasvattaa tai pienentää pätötehotuotantoaan taajuuden vaihtelun mukaan. Rajoitus on kyettävä tekemään vakiopätötehotasolle sekä suhteessa primäärienergiasta saatavissa olevaan tehoon.

Taajuussäädölle tulee voida määrittää taajuusaluekohtaisesti tehoalue, jossa voidaan säätää voimalaitoksen tuottamaan pätötehoa.

Pätötehon alassäätö ei saa johtaa suuntaajakytketyn voimalaitoksen tai sen yksittäisten suuntaajakytkettyjen yksiköiden irtikytkeytymiseen.

Taajuussäädölle on oltava aseteltavissa kuollut alue. Mikäli kuollut alue on käytössä, taajuussäädön säätökäyrä alkaa kuolleen alueen rajalta.

Taajuussäätötoimintatilan käytöstä ja asetteluista sovitaan erikseen kaupallisella sopimuksella.



**Kuva 16.1. Taajuussäädön jatkuva toiminta eri taajuusalueilla. Kaikille taajuusalueille on omat statiikka- ja tehoraja-asettelunsa. Kuollut alue 50 Hz:n ympärillä on aseteltavissa erikseen. Kuvassa esitetyt taajuusarvot, statiikka-asettelut ja tehoalueet ovat esimerkinomaisia. Tehotasot  $P_{max}$  ja  $P_{min}$  kuvaavat suurinta ja pienintä säätötasoa.**

### 16.3.3.3 Aseteltavat säätöparametrit

Taajuussäädön asetteluarvon tulee vastata sähköjärjestelmän nimellistaajuutta 50 Hz.

Taajuussäädön statiikan tulee olla aseteltavissa taajuusaluekohtaisesti

- välillä 2–12 % enintään yhden prosenttiyksikön portaissa.
- vähintään neljälle taajuusalueelle (ei sisällä LFSM-O ja -U, toiminnallisuuksia, jotka ovat erillisiä toimintoja), joiden leveyden tulee olla aseteltavissa välillä 0,05–1,0 Hz

Oletusarvo säätäjään käyttöönottovaiheessa aseteltavalle statiikalle kaikilla taajuusalueilla on 4 %.

Taajuussäädön kuolleen alueen tulee olla aseteltavissa välillä 0,0–0,5 Hz enintään 0,01 Hz:n portaissa.

Taajuussäädölle määritettävän tehoalueen tulee vastata voimalaitoksen mitoitustehoa ( $(P_{\min} - 100 \%) \times P_{\max}$ ) ja se tulee olla aseteltavissa 0,1 MW:n portaissa.

Taajuussäädössä käytettävä pätötehon muutosnopeutta tulee pystyä rajoittamaan taajuussäädölle määritetyn pienimmän ja suurimman säätötason välisellä alueella.

Taajuussäädölle määritettävä tehoalue tulee pystyä määrittämään taajuusaluekohtaisesti erikseen tehoa kasvattavaan ja sitä pienentävään suuntaan eli alue tulee voida määritellä epäsymmetriseksi.

#### 16.3.4 Pätötehon muutosnopeus

Pätötehon muutosnopeusvaatimus määritellään suurimpana tehon muutosnopeutena, joka on saavutettava vasteena voimalaitoksen pätötehon asetteluarvon muutokselle.

Olettaen, että primäärienergian saatavuus ei rajoita pätötehon tuotantoa, voimalaitoksen tehon muutosnopeuden tulee olla tehon ylös- ja alassäädössä vähintään 100 % mitoitustehosta minuutissa.

Vaatimukset pätötehon muutosnopeudelle ja suurin sallittu aika täyteen aktivoitumiseen voimalaitoksen toimiessa taajuussäädössä määräytyvät markkinapaikan (esim. FCR-N ja FCR-D) asettamien teknisten vaatimusten perusteella.

#### 16.3.5 Pätötehon muutosnopeuden rajoittaminen

Voimalaitoksen ja sen suuntaajakytkettyjen yksiköiden pätötehon tuotannon muutosnopeutta on pystyttävä rajoittamaan.

Pätötehon kasvaessa muutosnopeutta on voitava rajoittaa sekä tilanteessa, jossa pätötehon rajoittimen asetteluarvoa muutetaan, että tilanteessa, jossa voimalaitoksen pätötehon tuotanto kasvaa primäärienergiantuotannon kasvaessa (esim. tuulen voimakkuuden kasvaessa).

Mikäli primäärienergiantuotanto (esim. tuulen voimakkuus) heikkenee nopeasti, ei tehon muutosnopeutta tarvitse rajoittaa. Tehon muutosnopeutta tulee kyetä rajoittamaan, mikäli pätötehon rajoittimen asetteluarvoa lasketaan.

Kuvaus toiminnallisuuden toteuttamistavasta on toimitettava osana voimalaitosdokumentaatiota.

Pätötehon muutosnopeuden asetteluarvo tulee pystyä määrittämään vähintään alueella, jonka minimiarvo on 10 % mitoitustehosta minuutissa ( $0,1 \times P_{\max}$  / minuutti) ja maksimiarvo on voimalaitokselle suurin mahdollinen muutosnopeus, kuitenkin vähintään 100 % mitoitustehosta minuutissa ( $1,0 \times P_{\max}$  / minuutti). Asetteluarvon pienimmän muutoksen on oltava vähintään yksi megawatti minuutissa (1 MW/minuutti). Oletusarvona

pätötehon muutosnopeudelle voidaan käyttää 100 % mitoitustehosta minuutissa. Tehon muutoksen tulee tapahtua lineaarisesti ilman yli 5 %:n askelmaisia muutoksia.

Sähköverkon käyttötilanteen niin vaatiessa Fingrid voi rajoittaa (ks. luku 10.4.1 ja taulukko 10.1) pätötehon muutosnopeutta. Rajoitus koskee asetteluarvomuutoksia sekä primäärienergian saatavuudesta johtuvia muutoksia. .

Pätötehon kasvua ja sen pienentymistä rajoittavat muutosnopeuden asetteluarvot tulee kyetä määrittämään erikseen.

#### 16.3.6 Pätötehon nopea alassäätö

Voimalaitoksen pätötehon tuotantoa on pystyttävä säätämään alaspäin 100 prosentista 20 prosenttiin mitoitustehosta alle viidessä sekunnissa.

Pätötehon palauttaminen takaisin nopeasti alassäädön jälkeen on oltava mahdollista.

Nopeaa alasohjausta ei ole välttämätöntä toteuttaa omana toimintonaan, jos se on mahdollista toteuttaa hyödyntäen voimalaitoksen tehonsäätöjärjestelmän muita toiminnallisuuksia.

#### 16.3.7 Muutokset pätötehon ja taajuuden säädön toimintatilojen välillä

Pätötehon ja taajuuden säädön toimintatilan muuttaminen ei saa aiheuttaa huomattavaa äkillistä vaihtelua voimalaitoksen tuottamassa pätö- tai loistehossa.

Voimalaitoksen pätötehon- ja taajuudensäädön toimintatiloja ja asetteluarvoja tulee kyetä muuttamaan, estämään ja sallimaan. Toimintatilojen ja asetteluarvojen ohjauksen tulee toimia samalla tavalla riippumatta siitä, ohjataan voimalaitosta paikallisesti vai kaukokäytöllä.

#### 16.3.8 Säädön tarkkuus ja herkkyys

Pätötehon säädön tarkkuuden tulee olla minimi- ja mitoitustehon välisellä tehoalueella vähintään  $\pm 0,05 \times P_{\max}$ , kuitenkin enintään 10 MW. Vaadittu tarkkuus määritellään mitattuna yhden minuutin aikakeskiarvona ja se huomioi primääriteholähteen pätötehon jatkuvan vaihtelun. Taajuussäädön herkkyyden tulee olla vähintään 10 mHz. Taajuuden askelmallisessa muutoksessa taajuussäädön alkuviveen tulee olla enintään 2 s.

Voimalaitoksen tehon ja taajuuden säädön tarkkuus ja herkkyys tulee todentaa käyttöönottokokeiden yhteydessä. Kuvaus näistä ja näihin vaikuttavista tekijöistä tulee toimittaa osana voimalaitoksen dokumentaatiota.

#### 16.3.9 Voimalaitoksen tehon tuotannon keskeyttäminen kovalla tuulella

Tuulivoimalaitoksen tuuliturbiini-generaattorit eivät saa pysähtyä yhtä aikaa suuren tuulenopeuden vuoksi. Pysäytyksen tulee olla porrastettu ja porrastuksen tulee perustua tuuliturbiini-generaattoreiden kykyyn toimia turvallisesti voimakkaalla tuulella.

Tuuliturbiini-generaattorin automaattisen pysäytyksen porrastuksen toteutus toiminnallisen turvallisuuden takaamisen kannalta kriittisten tuulennopeuksien ja niihin liittyvien viiveiden osalta tulee dokumentoida ja toimittaa osana voimalaitoksen dokumentaatiota. Dokumentoinnin tulee myös sisältää kuvaus tuotannon jatkamiseen liittyvistä periaatteista suuren tuulennopeuden seurauksena tapahtuneen tuotannon keskeytyksen jälkeen.

## 17 Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten loistehokapasiteetti

### 17.1 Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen loistehokapasiteetti

Liittymispisteen verkonhaltija asettaa loistehokapasiteettivaatimuksen tyypin B voimalaitokselle. Vaatimus ei saa kuitenkaan ylittää tyypin C ja D suuntaajakytketyille voimalaitoksille asetettua loistehokapasiteettivaatimusta.

Liittymispisteen verkonhaltija asettaa loistehokapasiteettivaatimuksen tyypin B hybridivoimalaitokselle. Vaatimus ei saa kuitenkaan ylittää tyypin C ja D hybridivoimalaitoksille asetettua loistehokapasiteettivaatimusta.

### 17.2 Tyypin C ja D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten loistehokapasiteetti

#### 17.2.1 Loistehokapasiteettivaatimus

Voimalaitoksen tulee kyetä tuottamaan ja kuluttamaan loistehoa ( $Q$ ) minimitehonsa ja mitoitustehonsa rajaamalla toiminta-alueella yli- tai alimagnetoituna loistehokapasiteetilla, joka vastaa toimintapistettä nimellistehon tehokertoimella 0,95. Kuvassa 17.1a) on kuvattu tämä loistehokapasiteettialue.

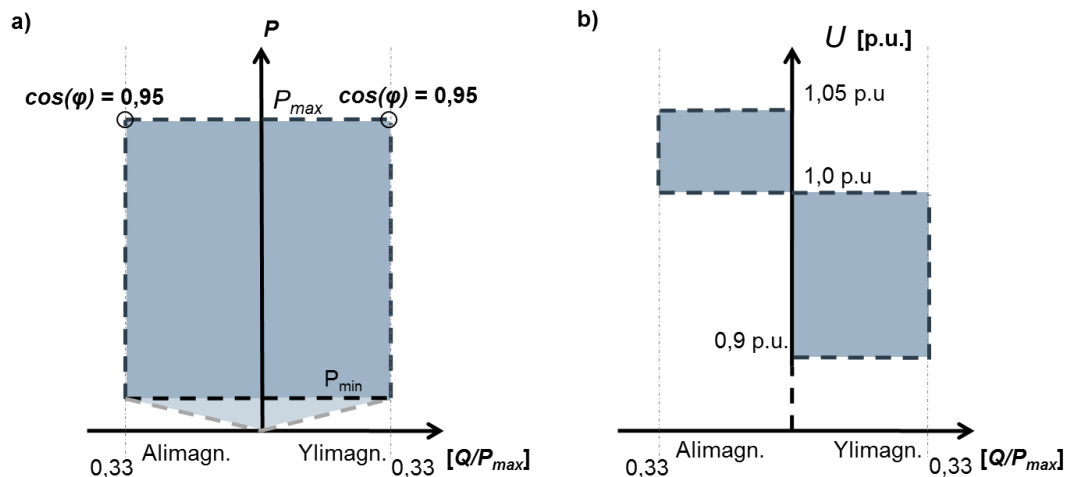
Voimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimus tulee ensisijaisesti täyttää voimalaitoksen liittymispisteessä. Vaihtoehtoisesti vaaditun loistehokapasiteetin määrittämisessä käytettävänä mitoitustehona ( $P_{max}$ ) voidaan käyttää voimalaitoksen päämuuntajan yläjännitepuolen navoista mitattavaa suurinta pätötehoa, jolloin loistehokapasiteettivaatimuksen tulee täytyä tässä pisteessä, eikä mahdollista päämuuntajan ja liittymispisteen välistä liittymisverkkoa ja sen häviöitä huomioida voimalaitoksen mitoitustehossa ja loistehokapasiteetin määrittämisessä.

Loistehokapasiteettivaatimuksen määrittelypisteessä mitatun loistehon tulee olla kuvan 17.1b) osoittamalla tavalla:

- $0-0,33 [Q/P_{max}]$  ylimagn., kun liittymispisteen jännite on 0,90–1,00 pu.
- $0-0,33 [Q/P_{max}]$  alimagn., kun liittymispisteen jännite on 1,00–1,05 pu.



Voimalaitokselta ei vaadita loistehontuotantoa minimitehoa pienemmällä teholla.



**Kuva 17.1. Loistehokapasiteettivaatimukset pätötehon ja loistehokapasiteettivaatimuksen määrittelypisteen jännitteen funktiona tyypin C ja D suuntaajakytketyille voimalaitoksille. Kuvassa jännite 1,0 pu vastaa liittymispisteen verkonhaltijan määrittämää normaalia käyttöjännitettä.**

Mikäli voimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimusta ei voida väliaikaisesti täyttää esimerkiksi suuntaajien tai kompensointilaitteiden epäkäytettävyydestä johtuen, voimalaitoksen pätötehotuotantoa tulee rajoittaa tehotasolle, jolla loistehokapasiteettivaatimus täyttyy.

## 17.2.2 Lisäloistehokapasiteetti

Loistehokapasiteetin osalta liittymispisteen verkonhaltija voi määritellä lisäloistehon, joka on tuotettava, jos suuntaajakytketyn voimalaitoksen liittymispiste ei ole nostomuuntajan suurjänniteliittimissä, joissa jännitetaso nostetaan liittymispisteen tasoon, eikä suuntaajakytketyn yksikön liittimissä, jos nostomuuntajaa ei ole.

Tämän lisäloistehon on kompensoitava liittymisjohdon tai -kaapelin kuluttama loisteho ja sen on oltava säätyvä siten, että liittymispisteessä käytettävissä oleva loisteho on luvun 17.2.1 mukainen.

## 17.2.3 Loistehokapasiteettivaatimuksen saavuttamiseksi hyödynnettävät komponentit

Loistehokapasiteettia ei tarvitse varata ainoastaan suuntaajakytkettyihin voimalaitosyksiköihin, vaan se voidaan varata yhteen tai useampaan erilliseen säädettävään loistehonkompensointilaitteeseen, jotka on liitetty sähköjärjestelmään voimalaitoksen liittymispisteeseen tai sen taakse osaksi voimalaitoksen muuta laitteistoa.

Loistehokapasiteettivaatimuksen saavuttamiseksi hyödynnettävien komponenttien toiminta tulee koordinoita voimalaitoksen muiden jännitettä säätävien komponenttien toiminnan kanssa siten, että luvussa 18 voimalaitokselle määritetyt jännitteen ja loistehon säädön vaatimukset täyttyvät.

Voimalaitoksen loistehokapasiteettia voidaan täydentää kytkettävillä kompensointiparistoilla, mikäli suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden suuntaajien kapasiteetti ei riitä loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämiseen. Kytkevät kompensointiparistot voivat muodostaa korkeintaan 20 % suuntaajakytketyltä voimalaitokselta vaaditusta kokonaisloistehokapasiteetista. Lisäksi voimalaitoksen tulee kyetä täyttämään vaadittu loistehokapasiteettivaatimus kokonaisuudessaan ilman kytkettävää lisäkompensointia, kun voimalaitoksen pätötehon tuotanto on alle 85 % mitoitustehosta ( $P_{max}$ ).

Kompensointiparistot pitää toteuttaa estokelaparistona tai muuna suodattimena. Kytkevän kompensointipariston

- viritystaajuudeksi suositellaan 189 Hz, ellei liittymispisteen verkonhaltija ilmoita tästä poikkeavaa mitoitusarvoa.
- kytkentä ei saa aiheuttaa Fingridin verkkoon yli 3 % jännitemuutosta
- ohjauksen tulee perustua voimalaitoksella tuotetun pätötehon sekä loistehon määrään, mikäli kompensointiparistoa ei pidetä kytkettynä jatkuvasti
- ohjaukseen tulee määritellä aikaviiveet, jotka estävät pariston tarpeettoman kiinni- ja irtikytkennän verkon ohimenevissä muutostilanteissa
- kiinni- ja irtikytkennän välillä tulee olla hystereesi, joka estää pariston tarpeettoman kytkeytymisen ja irtoamisen.

Voimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämiseksi käytettävien laitteiden testaus, dokumentointi ja mallinnusvaatimuksista tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa voimalaitoksen vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1.

#### 17.2.4 Loistehokapasiteetilaskelma

Liittäjän on toimitettava voimalaitoksen liittymispisteen verkonhaltijalle laskelma voimalaitoksen loistehokapasiteetista liittymispisteessä. Laskelma on toimitettava vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1. Laskelmassa on osoitettava voimalaitoksen kyky tuottaa ja kuluttaa loistehoa taulukossa 17.1 määritetyillä liittymispisteen jännitetasoilla ja voimalaitoksen pätötehotasoilla. Loistehokapasiteetilaskelmaan tulee merkitä loistehoa rajoittavien rajoittimien asetellut.

Mikäli voimalaitoksen nostomuuntaja on varustettu käämikytkimellä, laskelma on esitettävä nostomuuntajan käämikytkimen keskiasennon lisäksi käämikytkimen automaattisäädöllä.

Voimalaitokselle laskelmalla määritetyn loistehokapasiteetin lisäksi loistehokapasiteetilaskelmassa on esitettävä laskelman lähtökohtina käytetyt tiedot, kuten suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden jännitealueet, loistehokapasiteetit sekä loistehokapasiteettia mahdollisesti rajoittavat muut komponentit tai toiminnalliset vaatimukset.

Loistehokapasiteetilaskelmassa tulee tarpeen mukaan huomioida suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksiköiden lisäksi muut voimalaitoksen komponentit, jotka tuottavat ja kuluttavat loistehoa. Laskelma tehdään 50 Hz:n taajuudella.

Liittymispisteen jännitetasolla toimintapiste 0,85 pu on lyhytaikainen, ja tässä toimintapisteessä voimalaitoksen on kyettävä toimimaan vähintään 10 sekunnin ajan.

**Taulukko 17.1. Loistehokapasiteetilaskelmassa käytettävät toimintapisteet.**

Liittymispisteen jännite [p.u.]	0,85*	0,90	1,00	1,05	1,10
Tehotaso 1	Minimiteho				
Tehotaso 2	$P=0,50 \times P_{max}$				
Tehotaso 3	Mitoitusteho				
*Toimintapiste 0,85 p.u. on hetkellinen, tässä toimintapisteessä saatavilla oleva loisteho on pystyttävä tuottamaan vähintään 10 sekunnin ajan					

Mikäli voimalaitoksen komponentit poikkeavat suunnitellusta, voimalaitoksen loistehokapasiteetilaskelma tulee päivittää ja toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle.

Loistehokapasiteetilaskelman määrittämä voimalaitoksen loistehokapasiteetti liittymispisteessä tulee todentaa käyttöönoton yhteydessä luvussa 19 kuvattujen periaatteiden mukaisesti.

## 17.2.5 Loistehokapasiteetin rajoittaminen

Kun toimitaan luvussa 17.2.1 määritettyjen raja-arvojen ulkopuolella, voimalaitoksen ja sen voimalaitosyksiköiden loistehon tuotantokyvyn tulee olla loistehokapasiteetilaskelmalla osoitetun mukainen, eikä sitä saa ohjelmallisesti rajoittaa, ellei muusta toimintatavasta ole sovittu Fingridin kanssa.

Voimalaitoksessa käytettävien virtarajoittimien (tai vastaavien) toimintaan liittyvien suojiin tulee olla koordinoitu siten, että saatavilla oleva loistehokapasiteetti tulee hyödynnettyä tehokkaasti ilman sähköjärjestelmästä irtikykytymisen riskiä.

## 17.2.6 Hybridivoimalaitosten loistehokapasiteetti

Hybridivoimalaitosten tulee täyttää luvuissa 17.2.1–17.2.5 esitetyt vaatimukset, joita tämä luku täydentää.

Hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimus määräytyy sen mitoitustehon perusteella kuvan 17.1 mukaisesti ja on voimassa täysimääräisenä hybridilaitoksen suurimman laitososion toimiessa minimitehonsa yläpuolella. Muiden tuotantovalmiudessa olevien ja jännitteensäätöön osallistuvien laitososioiden loistehokapasiteettia tämän minimitehotason alapuolella ei saa ohjelmallisesti rajoittaa laitteiston todellisen teknisen suorituskyvyn alapuolelle.

Mikäli yksittäisiä laitososioita voidaan käyttää myös itsenäisesti (esim. toisten laitososioiden ollessa poissa käytöstä), tulee niiden tuolloin täyttää laitososiokohtaisen

mitoitustehonsa mukainen loistehokapasiteettivaatimus hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen määrittelypisteessä.

Mikäli hybridivoimalaitokseen kuuluu tyyppin C tai D sähkövarasto, on loistehokapasiteettivaatimus voimassa kyseiseltä laitososiolta vaadittavan loistehokapasiteetin osalta myös kulutustilassa sähkövarastojen järjestelmäteknisten vaatimusten mukaisesti.

Hybridivoimalaitoksen ja itsenäisesti toimivien laitososioiden loistehokapasiteettivaatimus voidaan täyttää hyödyntämällä jännitesäätöön osallistuvien laitososioiden loistehokapasiteettien yhdistelmää.

## 18 Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten jännitteen ja loistehon säätö

### 18.1 Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö

#### 18.1.1 Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet

Voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan liittymispisteessä mitatulla tehokertoimella 1,0 tai vaihtoehtoisesti voimalaitoksen tulee kyetä tukemaan liittymispisteen jännitettä loistehokapasiteettinsa avulla seuraavasti:

- Voimalaitos tuottaa loistehoa sähköjärjestelmään, kun liittymispisteen jännite laskee.
- Voimalaitos kuluttaa loistehoa sähköjärjestelmästä, kun liittymispisteen jännite nousee.

Liittymispisteen verkonhaltija voi tarvittaessa asettaa lisävaatimuksia voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säädölle.

#### 18.1.2 Suuntaajakytketyn voimalaitoksen loisvirran syöttö

Suuntaajakytketyn voimalaitoksen tulee syöttää kapasitiivista loisvirtaa alijännitteiden aikana ja induktiivista loisvirtaa ylijännitteiden aikana. Loisvirran ( $I_q$ ) syöttöä tulee priorisoida pätövirtaan ( $I_p$ ) nähden ali- ja ylijännitteiden aikana.

Suuntaajakytketyn voimalaitoksen on pystyttävä aktivoimaan nopea loisvirransyöttö (vikavirransyöttö) joko

- varmistamalla nopea loisvirransyöttö liittymispisteessä, tai
- mittaamalla jännitepoikkeamia voimalaitoksen yksittäisten yksiköiden liittimissä ja syöttämällä nopeaa loisvirtaa näiden yksiköiden liittimiin.

Alijännitteiden aikaisen loisvirran syöttömoodin tulee aktivoitua, kun liittymispisteen tai voimalaitoksen yksittäisen yksikön liittimien vaihejännite on alle 0,85 pu ja poistua käytöstä, kun vaihejännite palaa yli 0,90 pu tasoon.

Ylijännitteiden aikaisen loisvirran syöttömoodin tulee aktivoitua, kun liittymispisteen tai voimalaitoksen yksittäisen yksikön liittimien vaihejännite on yli 1,10 pu ja poistua käytöstä, kun vaihejännite palaa alle 1,05 pu tasoon.

Toimittaessa jännitteellä, jolla loisvirran syöttömoodi ei ole aktiivinen, tulee priorisoida pätövirran ( $I_p$ ) syöttöä.

Loisvirran nousuajan 90 %:iin tavoitearvosta tulee olla 30–50 ms ja loisvirran tulee asettua tavoitearvoon (toleranssi +20 %...–10 %) 80 ms kuluessa. Viive määritellään jännitteen askelmaisen muutoksen alkuhetkestä. Vaadittu lisäloisvirta määritellään pisteeseen, josta loisvirran syötön aktivoiva jännitemuutos mitataan.

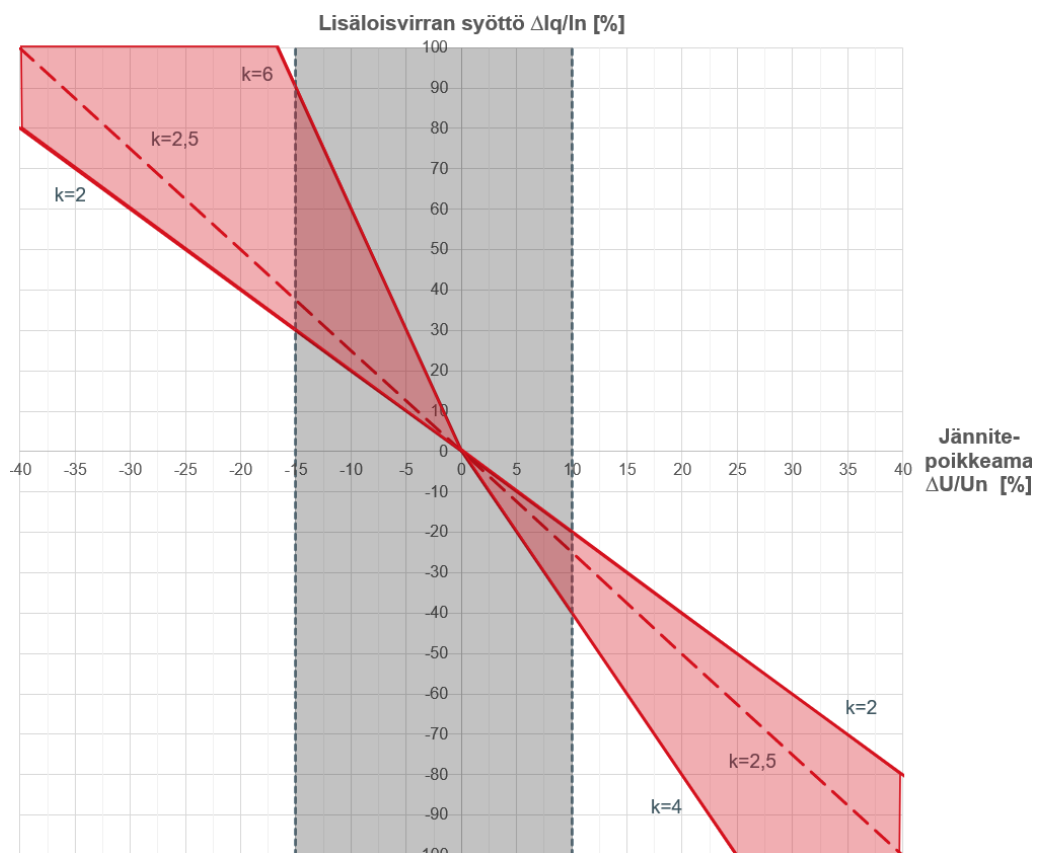
Voimalaitoksen jännitteen- tai loistehonsäädön tulee palautua jännitemuutosta edeltäneeseen toimintatilaansa mahdollisimman pian jännitteen palaututtua vaihteluvälille 0,90...1,05 pu.

Täyssuunnatulla konverterilla (FC) varustetun voimalaitoksen loisvirran syötön  $k$ -kertoimen tulee olla aseteltavissa erikseen kapasitiiviselle ja induktiiviselle loisvirralle välillä 2–6. Loisvirran syötön  $k$ -kertoimen oletusarvo on 2,5 ja epäsymmetrisissä vioissa tulee syöttää myötä- ja vastakomponentti  $k$ -kertoimen määräämässä suhteessa.

Kaksoissyötetyllä epätahtikoneella (DFIG) varustetun voimalaitoksen loisvirran syötön  $k$ -kertoimen tulee olla aseteltavissa erikseen kapasitiiviselle loisvirralle välillä 2–6 ja induktiiviselle loisvirralle välillä 2–4. Epäsymmetrisissä vioissa tulee syöttää koneen luontaisesti tuottama vastakomponentti standardin EN 50549-1/-2 mukaisesti.

Loisvirran syötön toiminta on esitetty kuvassa 18.5. Loisvirran syötön aktivoituessa vaadittu lisäloisvirta  $\Delta I_q$  summautuu aktivoitumista edeltäneeseen loisvirtaan. Suurimman syötetyn loisvirran määrittää suuntaajan virtakestoisuus.

Mikäli suuntaajakytketyn voimalaitoksen suuntaajat ovat nk. verkkoa luovia suuntaajia, loisvirran syöttöominaisuudet saattavat poiketa tässä luvussa vaaditusta. Tässä tapauksessa Fingrid arvioi toteutuksen vaatimuksenmukaisuuden erikseen.



**Kuva 18.5. Loisvirran aktivointirajat jännitteen perusteella sekä k-kertoimen määrittely. Loisvirran syöttö aktivoituu harmaan alueen ulkopuolella. Punainen alue kuvaa DFIG-voimalaitoksen k-kertoimen asettelualueutta. Katkoviiva kuvaa täyssuuntaajalaitoksen kulmakerrontaa  $k = 2,5$ .**

## 18.2 Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö

### 18.2.1 Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet

Voimalaitoksella on oltava automaattinen loistehon ja jännitteen säätö. Säätö tulee toteuttaa siten, että säädön toiminta on jatkuvaa ja säädön toiminnan vaikutuksesta loistehon muutokset liittymispisteessä tapahtuvat portaattomasti.

Jännitteen ja loistehon säädön tulee mahdollistaa voimalaitoksen loistehokapasiteetin hyödyntäminen luvussa 17 kuvatulla tavalla. Säädön toiminta ei saa häiriintyä sähköjärjestelmän jännitteen ja taajuuden muutoksista tai lyhytaikaisista jännitehäiriöistä.

Voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säädöllä tulee olla seuraavat toimintatilat:

- 1) vakiojännitesäätö
- 2) vakioiloistehosäätö ja
- 3) vakiotehokerroinsäätö.

Jännitteen ja loistehon säädön säätöalueen tulee vastata voimalaitoksen todellista loistehokapasiteettia. Loistehokapasiteettia ei saa keinotekoisesti rajoittaa. Voimalaitoksen komponenttien virtakestoisuuden takaamiseksi toteutettujen rajoittimien periaatteellinen toiminta on kuvattava osana toimitettavaa voimalaitoksen dokumentaatiota.

Jännitteen ja loistehon säätötoimintojen tulee pystyä pitämään voimalaitoksen loistehotuotanto säätötoiminnon mukaisessa asetteluarvossa. Jännitteen ja loistehon säätötoimintojen tarkkuus osoitetaan käyttöönottokokeiden yhteydessä. Säätötoimintojen vasteen sähköjärjestelmän jännitteen askelmaisiiin muutoksiin ja jatkuvaan vaihteluun tulee olla stabiili ja muutosten seurauksena toteutettavat säätötoiminnot eivät saa johtaa toistuviin tai heikosti vaimeneviin heilahteluihin laitoksen lois- tai pätötehossa.

Voimalaitos laitos- ja laitetasoisine säätöineen tulee suunnitella toimimaan stabiilisti osana voimajärjestelmää, jossa suuntaajakytkettyjen voimalaitosten ja suuntaajakytkettyjen kulutuslaitteistojen osuus on hallitseva tahtikonevoimalaitosten määrään verrattuna. Liittymispisteen verkonhaltija tai Fingrid voi asettaa stabiilin toiminnan varmistamiseksi lisävaatimuksia säätöjen tekniselle toteutukselle, niihin liittyville tarkasteluille, voimalaitoksesta laadittaville laskentamalleille ja vaatimusten täyttymisen todentaville käyttöönottokokeille. Liittyjän tulee tarvittaessa muuttaa säätöjen asetteluita voimalaitoksen elinkaaren aikana vaatimustenmukaisuuden ylläpitämiseksi.

Suuntaajakytketyn voimalaitoksen toimiessa minimitehonsa ( $P_{\min}$ ) alapuolella voimalaitoksella ei Vaatimusten kannalta ole velvoitetta säätää liittymispisteen jännitettä tai loistehoa.

Liittyjän tulee sopia ennen voimalaitoksen käyttöönoton aloittamista liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa voimalaitoksen jännitteen ja loistehonsäädön toimintatilasta pätötehon syötön aloittamishetken ja valmiin voimalaitoksen käyttöönototestien välisenä aikana. Liittymispisteen verkonhaltija tai Fingrid voi vaatia

jännitteensäädön käyttöönottoa jo ennen voimalaitoksen täyden kapasiteetin valmistumista.

### 18.2.2 Vakiojännitesäätö

Voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan vakiojännitesäädöllä siten, että suuntaajakytketyille yksiköille yhteisen säädön avulla, loistehostatiikka huomioiden, on mahdollista ohjata suoraan liittymispisteen tai muun, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa sovitun pisteen jännitettä.

Vakiojännitesäädön ohjearvon tulee olla aseteltavissa liittymispisteen jännitteelle määritettyjen jatkuvan toiminta-alueen raja-arvojen mukaisesti enintään 0,1 kV:n portaissa. Käyttöliittymistä paikallisesti tai kaukokäyttöyhteydellä annettavat ohjearvon muutokset tulee toteuttaa ramppifunktiolla, jonka ohjaamana jännitteen keskimääräinen muutosnopeus on korkeintaan 0,1 kV/s.

Jännitteensäädön loistehostatiikan tulee olla lineaarinen sekä aseteltavissa vähintään alueella 2–7 % enintään 0,5 prosenttiyksikön portaissa. Asetteluarvo voidaan asettaa positiivisena tai negatiivisena riippuen voimalaitoksen jännitteensäädön toteutuksesta.

Voimalaitoksen ollessa verkkoon kytkeytyneenä tulee vakiojännitteensäädön vasteen olla liittymispisteen jännitteen askelmaisessa  $\pm 0,02$  pu muutoksessa seuraavanlainen:

- 1) loisvirran ( $I_q$ ) nousuaika nolasta 5 prosenttiin suuntaajakytketyltä yksiköltä mitatusta loisvirran kokonaismuutoksesta tulee olla korkeintaan 30 ms. Tämän loisvirran muutoksen nopean alkuvasteen tulee perustua suuntaajakytkettyjen yksiköiden nopeaan säätöön ja loisvirran muutoksen suunnan tulee olla kohti loppuarvoa. Loisvirran suuruutta tai nousuaikaa ei tule tarpeettomasti rajoittaa, vaan vasteen tulee aktivoitua nopeasti ja mahdollisimman suurena säädön stabiili toiminta huomioiden.
- 2) liittymispisteestä mitatun loistehovasteen nousuajan nolasta 80 prosenttiin mitatusta loistehon kokonaismuutoksesta tulee olla korkeintaan 1 sekunti.
- 3) askelvasteessa todettava ylitys saa olla korkeintaan 15 % liittymispisteestä mitatusta loistehon kokonaismuutoksesta,
- 4) liittymispisteestä mitatun loistehovasteen tulee asettua tavoitetasolleen 5 sekunnin kuluessa askelmaisesta herätteestä,
- 5) liittymispisteestä mitatun pysyvän tilan loistehon oloarvon poikkeama saa olla korkeintaan  $\pm 5$  % loistehon muutoksen tavoitearvosta.
- 6) edellä määriteltyjen aikaviiveiden alkuhetki on verkossa näkyvän jänniteaskeleen alkuhetki.

Vaadittu vaste tulee saavuttaa Fingridin määrittelemällä, liittymispisteen verkkoa kuvaavalla taustaverkolla tehdyssä suorituskykylaskelmassa.

Mikäli jännitteensäädön toiminta ei ole stabiilia kaikissa käyttötilanteissa samoilla säädön asetteluilla, tulee jännitteensäädölle määritellä vaihtoehtoinen, eri asetteluihin perustuva



asetteluryhmä, joka voidaan ottaa Fingridin tai liittymispisteen verkonhaltijan pyynnöstä tarvittaessa käyttöön. Asetteluryhmän vaihdon tulee tällöin olla tehtävissä kaukokäytöllä (ks. luku 10.4.1).

Olemassa oleviin voimalaitoksiin kohdistuvien jännitteensäädön suorituskykyyn vaikuttavien laitosmuutosten yhteydessä Fingrid määrittelee erikseen suorituskykyvaatimukset voimalaitosten jännitteensäädölle, mikäli säädön alkuperäinen tekninen toteutus ei mahdollista loisvirran nopeaa alkuvastetta.

### 18.2.2.1 Vakiojännitteensäädön suorituskykylaskelma

Liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle laskelma voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyvystä. Laskelma on toimitettava vaatimusten todentamisprosessin vaiheessa 1.

Laskelmassa on osoitettava verkkoon liitetyn voimalaitoksen jännitteensäätäjän suorituskyky seuraavasti:

- asetetaan voimalaitoksen loistehostatiikka arvoon 4 % ja muutetaan askelmaisesti taustaverkon jännitettä seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu, 1,02 pu, 1,00 pu, 0,98 pu, 1,00 pu, 1,04 pu, 1,00 pu, 0,96 pu, 1,00 pu.
- asetetaan voimalaitoksen loistehostatiikka arvoon 4 % ja muutetaan askelmaisesti jännitteensäädön ohjearvoa seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu, 1,02 pu, 1,00 pu, 0,98 pu, 1,00 pu, 1,04 pu, 1,00 pu, 0,96 pu, 1,00 pu.

Taustaverkko kuvataan laskelmassa Fingridin antamalla mallilla tai sijaiskytkennän arvoilla. Fingrid tarkastaa ja arvioi laskelmassa esitetyn jännitteensäädön toiminnan ja käytettävät asetellut Liittyjän toimittamalla simulointimallilla (ks. luku 20), joka liitetään osaksi Fingridin verkkomallia. Mikäli jännitteensäädön vaste ei ole stabiili, täytä luvun 18.2.2 suorituskykyvaatimuksia tai ole muutoin sähköjärjestelmän toiminnan kannalta tarkoituksenmukainen, tulee Liittyjän yhdessä Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa tehdä tarvittavat toimenpiteet sähköjärjestelmän käyttövarmuuden kannalta riittävän suorituskyvyn varmistamiseksi. Kuvaus laskennassa käytetystä mallista, mukaan lukien laskennassa käytetyt parametrit ja säätöjärjestelmien lohkoavioesitykset, on toimitettava osana laskelmaa liittymispisteen verkonhaltijalle.

### 18.2.2.2 Vakiojännitesäädön toteutustavat

Lähtökohtaisesti vakiojännitesäädön tulee ohjata suoraan voimalaitoksen nostomuuntajan yläjänniteliittimien jännitettä liittymispisteen jännitetasossa. Mikäli nostomuuntajia on useita, jännitteensäätö ohjaa nostomuuntajille yhteistä kiskojaännitettä.

Voimalaitoksen ja liittymispisteen välisen liittymisjohdon vaikutusta voimalaitoksen jännitteensäädön toimintaan ja loistehonhallintaan liittymispisteessä voidaan kompensoida käyttämällä paikalliseen jännitteen ja loistehon mittaukseen perustuvaa dynaamista kompensointifunktiota (engl. line drop compensation, lyh. LDC). Liittymisjohdon loistehon kulutusta kompensoidaan tällöin perustuen johdon sähköisten arvojen avulla tehtyyn laskennalliseen arvioon.

Jännitteensäädön referenssimittaus voidaan joissain tapauksissa tuoda suoraan liittymispisteestä tai muusta mittauspisteestä käyttäen soveltuvaa tietoliikenneyhteyttä, jolla tarvittavat jännite- ja loistehomittaukset siirretään voimalaitokselle. Tällaista järjestelyä käytettäessä jännitteensäädöllä on aina oltava voimalaitoksen paikallisiin mittauksiin perustuva jännitteensäädön varajärjestelmä.

Mikäli liittymisjohdon loistehoa kompensoidaan voimalaitoksen jännitteensäädöllä, tulee voimalaitoksen jännitteensäädölle asettaa rajoittimet, joilla pitkäaikaista paikallista jännitteenousua voimalaitoksella voidaan hallita. Rajoittimet eivät saa kuitenkaan estää voimalaitoksen loistehokapasiteetin täysimääräistä hyödyntämistä lyhytaikaisissa jännitehäiriöissä.

Liittymispisteen verkonhaltija ja Fingrid päättävät käytettävästä jännitteensäädön toteutustavasta.

### 18.2.3 Vakioloistehosäätö

Voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan vakioloistehosäädöllä siten, että säädön avulla on mahdollista ohjata suoraan liittymispisteeseen syötettävää ja siitä otettavaa loistehoa.

Vakioloistehosäädön tarkkuuden liittymispisteestä mitattavalle loisteholle tulee olla vähintään 2 % mitoitusloistehosta (toleranssi  $\pm 0,5$  %).

Vakioloistehosäädön ohjearvon muutoksen ollessa  $\pm 30$  % mitoitusloistehosta tulee muutoksen aiheuttaman loistehovasteen nousuajan nollassa 90 prosenttiin mitatusta loistehon kokonaisuutuksesta olla 10 sekuntia (toleranssi  $\pm 1$  s).

Vakioloistehosäädön ohjearvon tulee olla aseteltavissa portaissa, jonka suuruus on korkeintaan 0,5 %:n mitoitusloistehosta, kuitenkin enintään 1 Mvar. Asettelualueen tulee vastata voimalaitoksen todellista loistehokapasiteettia. Käyttöliittymistä paikallisesti tai kaukokäyttöyhteydellä annettavat asettelualueen muutokset tulee toteuttaa rampifunktiolla, jonka ohjaamana loistehon ohjearvon keskimääräinen muutosnopeus on korkeintaan 10 % mitoitusloistehosta sekunnissa..

### 18.2.4 Vakiotehokerroinsäätö

Voimalaitoksen tulee kyetä toimimaan vakiotehokerroinsäädöllä siten, että säädön avulla on mahdollista ohjata suoraan liittymispisteen tehokerrointa, eli liittymispisteeseen syötettävää ja siitä otettavaa loistehoa voimalaitoksen tuottaman pätötehon funktiona.

Vakiotehokerroinsäädön tarkkuuden liittymispisteestä mitattavalle tehokertoimelle yli 50 % mitoitusteholla tulee olla vähintään 0,005 (toleranssi  $\pm 0,002$ ).

Vakiotehokerroinsäädön ohjearvon muutoksen ollessa  $\pm 0,02$  tulee muutoksen aiheuttaman loistehovasteen nousuajan nollassa 90 prosenttiin mitatusta loistehon kokonaisuutuksesta olla 10 sekuntia (toleranssi  $\pm 1$  s).

Vakiotehokerroinsäädön asettelualueen tehokertoimelle tulee olla aseteltavissa välillä 0,95ind–0,95kap tai tätä laajemmalla alueella enintään 0,005:n portaissa. Käyttöliittymistä paikallisesti tai kaukokäyttöyhteydellä annettavat ohjearvon muutokset tulee toteuttaa

ramppifunktiolla, jonka ohjaamana loistehon keskimääräinen muutosnopeus on korkeintaan 10 % mitoitusloistehosta sekunnissa.

#### 18.2.5 Jännite- ja loistehosäädön toimintatilojen ja asetteluarvojen muutokset

Säädön toimintatilan ja toimintapisteen muutosten tulee tapahtua ilman merkittäviä äkillisiä muutoksia (korkeintaan 5 % mitoitustehosta) tai toistuvia, merkittäviä heilahteluita laitoksen tuottamassa pätö- tai loistehossa.

Toimintatilan muutoksen tulee tapahtua ennalta määritetyn ajan kuluessa siitä, kun voimalaitokselle on annettu pyyntö vaihtaa säädön toimintatila, ks. luku 10.4.1. Loistehomuutosten tulee olla toimintatilan muutoksissa ramppimaisia ja loistehon muutosnopeus saa olla korkeintaan 10 % mitoitusloistehosta sekunnissa..

Jänniteensäätäjän toimintatilojen ja asetteluarvojen ohjauksen tulee toimia samalla tavalla riippumatta siitä, ohjataanko laitosta paikallisesti vai kaukokäytöllä.

Säätötilan tulee vaihtua automaattisesti säätöpiirin häiriötilanteessa, jossa esimerkiksi käytössä olevan säätötilan tarvitsema mittaustieto menetetään. Vaihto tulee suunnitella siten, että voimalaitoksen pätö- tai loistehon tuotanto ei muutu tai lopu askelmaisesti. Säätötilan tulee vaihtua seuraavasti:

1. Jänniteensäätö liittymispisteen jännitemittauksen tai muun ulkoisen jännitereferenssin perusteella (mikäli käytössä).
2. Jänniteensäätö perustuen voimalaitoksen paikallisiin mittauksiin
3. Tehokerroinsäätö tai loistehosäätö suuntaajatasolla. Säätötapa ja asetteluarvo sovitaan liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.
4. Mikäli voimalaitoksen keskussäätäjä (esim. puistosäätäjä) menetetään, suoritetaan liittymispisteen verkonhaltijan niin vaatiessa tuotannon alasajo tai voimalaitoksen irtikytkentä voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan toimesta. Tuotannon lopettaminen voidaan suorittaa myös autonomisesti laitos- tai yksikkötasolla perustuen esimerkiksi liittymispisteen verkonhaltijan kanssa sovittuun viiveeseen.

Kuvaus säätötilojen vaihdon toiminnasta häiriötilanteissa tulee sisällyttää osaksi toimitettavia tietoja.

#### 18.2.6 Jänniteensäätäjän toimintaan liittyvät suojaukset sekä rajoittimet

Voimalaitoksen liittymispisteen jännitteen ollessa korkea rajoittimien toiminnan tulee ohjata mahdollisimman suoraan ja viiveettömästi jänniteensäätäjän toimintaa voimakkaiden ylijännitteiden välttämiseksi.

#### 18.2.7 Muut jännite- ja loistehosäätöön osallistuvat komponentit

Mikäli loistehokapasiteettivaatimuksen saavuttamiseksi hyödynnetään erillisiä, osaksi voimalaitosta toteutettavia kompensointilaitteita, niiden toiminta on koordinoitava

suuntaajakytkettyjen voimalaitosyksikköjen säätäjien toiminnan kanssa muiden luvussa 18 esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi. Lisäksi tarpeesta koordinoita laitteiden toiminta muiden sähköjärjestelmän jännitteensäätöön osallistuvien komponenttien kanssa tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

## 18.2.8 Suuntaajakytketyn voimalaitoksen loisvirran syöttö

Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen on täytettävä loisvirran syötön osalta kaikki samat vaatimukset kuin tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen.

## 18.2.9 Hybridivoimalaitosten jännitteensäätö

Hybridivoimalaitosten tulee täyttää luvuissa 18.2.1–18.2.8 esitetyt vaatimukset, joita tämä luku täydentää.

Kaikkien hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämiseen osallistuvien laitososioiden tulee toimia jatkuvassa jännitteensäädössä. Jännitteensäädön statiikan määrittelyssä käytettävä mitoitusloisteho määritellään hybridivoimalaitoksen mitoitusstehon perusteella. Laitososioiden toimiessa itsenäisesti mitoitusloisteho määritellään laitososion mitoitusstehon perusteella.

Laitososiokohtaiset alemmat tason säädöt tulee koordinoita keskenään sekä ylemmän laitostason säädön kanssa niin, että jännitteensäätö toimii stabiilisti sekä normaalissa käyttötilanteessa että häiriöissä, eikä vaatimusten mukaisen toiminnan estäviä vuorovaikutusilmiöitä synny.

## 18.3 Tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätö

### 18.3.1 Jännitteen ja loistehon säädön toiminnallisuudet

Tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen on täytettävä kaikki samat vaatimukset kuin Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen, ja lisäksi niille on lisävaatimuksia, jotka koskevat loistehon- ja jännitteensäädön vaikutuksia sähkömekaanisiin heilahteluihin sekä suuntaajalähtöisen stabiiliuteen.

Jännitteensäädölle ei saa asettaa kuollutta aluetta.

Jännitteen ja loistehon säädön virittämisessä tulee huomioida säätäjän toiminnan mahdollinen vaikutus sähköjärjestelmän dynamiikkaan. Jännite- ja loistehosäädön vasteen analysointi tulee suorittaa tiiviissä yhteistyössä liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kesken, jotta voimalaitoksen vaikutus järjestelmän siirtokykyyn voidaan määrittää siten, että se tukee mahdollisimman hyvin sähköjärjestelmän toimintaa.

Mikäli voimalaitoksen normaalien säätötoimintojen vaste sähkömekaanisiin heilahteluihin tai suuntaajalähtöiseen stabiiliuteen on säätöjen toteutuksesta ja asetteluarvoista riippumatta järjestelmän siirtokykyä heikentävä, voimalaitoksen säädön vasteen vaikutusta heilahteluihin on parannettava lisäsäätötoimintojen avulla, esim. lisästabilointipiirejä (PSS) tai heilahtelujen vaimennuspiirejä (engl. power oscillation

13.9.2024

damping, POD) vastaavin toiminnallisuuksin. Tällaisten lisäsäätöjen tarve arvioidaan ensisijaisesti osana erityistarkasteluvaatimuksia (luku 5).

Säädön asetteluun liittyvät yksityiskohdat tulee dokumentoida kattavasti ja toimittaa osana toimitettavia tietoja. Säädot tulee kuvata todenmukaisesti osana toimitettavia simulointimalleja.

Säädön toiminta tulee todentaa käyttöönottokokeiden yhteydessä.

## 19 Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten käyttöönottokokeet

### 19.1 Kaikkien suuntaajakytkettyjen voimalaitosten käyttöönottokokeiden yhteiset vaatimukset

Liittyjän vastuulla on todentaa voimalaitoksen toiminta sille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Liittyjä vastaa todentamiseen liittyvistä kustannuksista. Vaatimukset tulee todentaa ensisijaisesti voimalaitoksen käyttöönoton yhteydessä suoritettavilla kokeilla, jotka tehdään voimalaitoksen tavanomaisen primäärienergiälähteen avulla.

Liittymispisteen verkonhaltija ja/tai Fingridin edustaja voivat osallistua vaatimustenmukaisuuden varmentamiseen liittyviin kokeisiin joko laitosalueella tai soveltuvalla etäyhteydellä esimerkiksi verkonhaltijan valvontakeskuksesta käsin. Tätä varten liittyjän on annettava käyttöön tarvittavat valvontalaitteet kaikkien merkityksellisten testisignaalien ja mittausten rekisteröimiseksi sekä varmistettava, että tarvittavat liittyjän edustajat ovat läsnä laitosalueella koko kokeen keston ajan. Liittyjän on annettava liittymispisteen verkonhaltijan tai Fingridin määrittelemät signaalit, jos liittymispisteen verkonhaltija tai Fingrid haluaa valikoiduissa kokeissa käyttää omia laitteitaan suorituskyvyn rekisteröimiseen. Liittymispisteen verkonhaltija ja Fingrid päättävät osallistumisestaan oman harkintansa mukaan.

Käyttöönottokokeissa voimalaitoksen järjestelmien toimintatilan pitää vastata normaalia käyttötilannetta ja sen suuntaajakytketyistä yksiköistä tulee olla käytössä vähintään 80 %.

### 19.2 Tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet

Liittyjän on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle kokeista käyttöönottopöytäkirja, johon on dokumentoitu mittauksin todennetut suureet sekä mittausten ajankohta.

Liittyjän vastuulla on todentaa Käyttöönottokokein tyypin B suuntaajakytketyn voimalaitoksen seuraavat vaatimustenmukaiset ominaisuudet:

- 1) Voimalaitoksen käynnistyksen ja pysäyttämisen vaikutus jännitetasoon liittymispisteessä
  - Kokeessa tarkastetaan, ettei voimalaitoksen käynnistys tai pysäytys aiheuta sähkön laatueroja liittymispisteen verkonhaltijan verkossa.
- 2) Voimalaitoksen mitoitusteho
  - Kokeessa tarkastetaan voimalaitoksen liittymissopimuksen mukainen mitoitusteho.
- 3) Voimalaitoksen loistehokapasiteetti
  - Kokeessa tarkastetaan voimalaitoksen loistehokapasiteetti ajamalla voimalaitosta mitoitusteholla sekä suurimmalla mahdollisella induktiivisella ja kapasitiivisella loisteholla.
- 4) Jännitteensäädön toiminta

- Kokeessa tarkastetaan vakiojännitteensäädön toiminta. Liittymispisteen verkonhaltija määrittää tarvittaessa tarkemman ohjeistuksen.

#### 5) Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri kasvu. Säätöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka ja kuollut alue, ja dynaamiset parametrit, kuten taajuuden askelmuutoksen vaste, on todennettava.
- Koe on suoritettava simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset. Koe voidaan suorittaa syöttämällä taajuusmittaukseen +0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, jos luvun 10.2.3 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

Liittymispisteen verkonhaltija voi tarvittaessa asettaa lisävaatimuksia käyttöönottokokeiden laajuudelle.

Liittyjä voi asianmukaisen kokeen suorittamisen sijaan käyttää valtuutetun todentajan antamia laitetodistuksia sen osoittamiseen, että kyseessä olevaa vaatimusta on noudatettu. Tällaisessa tapauksessa laitetodistukset on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle. Lähtökohtaisesti laitetodistuksilla ei voida taata voimalaitoskokonaisuuden ja kaikkien apulaitteiden yhteistoimintaa. Tämän vuoksi laitetodistuksia ei hyväksytä ensisijaisena todentamisen menetelmänä ja niiden käytöstä tulee sopia erikseen liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

### 19.3 Tyypin C suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet

#### 19.3.1 Käyttöönottokokeisiin liittyvät suunnitelmat, mittaukset ja tiedonvaihto

Käyttöönottokokeet tulee suorittaa yhteistyössä liittyjän, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Fingridin edustajilla on oikeus osallistua kaikkiin käyttöönottokokeisiin.

Liittyjän on laadittava voimalaitoskohtainen käyttöönottokoesuunnitelma. Suunnitelman tulee kattaa vaatimusten toiminnallisuuksien testaaminen vähintään tässä luvussa kuvatussa laajuudessa. Liittyjän tulee toimittaa käyttöönottokoesuunnitelma, alustavat käyttöönotto-ohjeet ja kuvaus kokeiden käytännön järjestelyistä. Kuvauksen käytännön järjestelyistä tulee sisältää ainakin mittausjärjestelyt, vastuhenkilöt ja alustava aikataulu. Asiakirjat on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle viimeistään 2 kuukautta ennen käyttöönottokokeiden suunniteltua aloitusajankohtaa.

Liittyjän on käyttöönottoon liittyvien suunnitelmien laatimisen ja toimittamisen yhteydessä sovittava tapaaminen liittyjän, liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Tapaamisen ajankohdan on oltava viimeistään 2 kuukautta ennen käyttöönottokokeita. Tapaamisessa liittyjän tulee sopia lopullinen käyttöönottokoesuunnitelma, aikataulu ja

käytännön järjestelyt liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa. Mikäli edellä mainitut osapuolet sopivat, että tapaamista ei järjestetä, tulee tiedonvaihto sovittavien asioiden suhteen järjestää muulla tavoin. Jokaisen edellä mainitun osapuolen tulee nimittää vähintään yksi yhteyshenkilö käyttöönottoa varten.

Järjestelmävastaavana Fingridillä on oikeus peruuttaa tai muuttaa käyttöönottokokeiden aikataulua, mikäli kokeiden suorittaminen suunniteltuna ajankohtana ei ole sähköjärjestelmän käyttötilanteesta johtuen mahdollista. Liittymispisteen verkonhaltijalla on vastaava oikeus oman sähköverkkonsa käyttötilanteen osalta. Peruuttamisen tai aikataulun muuttamisen syitä voivat olla esimerkiksi voimalaitosten käyttöön liittyvät olosuhteet tai paikallisen sähköverkon ja kansallisen sähköjärjestelmän käyttötilanne. Mikäli käyttöönottokokeiden ajankohtaa joudutaan siirtämään, liittyjä sopii uudesta aikataulusta liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa.

Kaikista käyttöönottokokeista tulee mitata ja tallentaa ainakin seuraavat suureet:

- voimalaitoksen pätöteho,
- voimalaitoksen loisteho,
- jännite liittymispisteessä,
- taajuus liittymispisteessä.

Mittausten näytteenottotaajuuden tulee olla vähintään 1 kHz ja tallennustaajuuden vähintään 50 Hz. Muista kokeista poiketen vakiojännitesäädön käyttöönottokokeessa (kohta 19.3.4 / 5c ja 5d) pitää lisäksi mitata jännite ja virta yhden suuntaajayksikön tai voimalaitoksen jonkin nostomuuntajan liittimissä vähintään 2 kHz näytteenotto- ja tallennustaajuudella.

Mikäli mittausten suorittaminen liittymissopimuksen mukaisessa liittymispisteessä ei ole mahdollista, tulee korvaavasta järjestelystä sopia Fingridin kanssa.

Lisäksi tulee tallentaa käyttöönottokokeessa säädettävän suureen ohjearvo sekä ohjearvon muutokset. Mittauksissa voidaan hyödyntää voimalaitoksen omia kiinteitä mittalaitteita niiden mittaus- ja tallennusominaisuuksien ollessa riittävät.

Käyttöönottokokeet on suunniteltava siten, että voimalaitoksen todellisen toiminnan ja dynamiikkamallinnustietojen vastaavuus voidaan laskelmin osoittaa.

### 19.3.2 Käyttöönottokokeen korvaaminen

Liittyjä voi asianmukaisen kokeen suorittamisen sijaan käyttää valtuutetun todentajan antamia laitetodistuksia sen osoittamiseen, että kyseessä olevaa vaatimusta on noudatettu. Tällaisessa tapauksessa laitetodistukset on toimitettava liittymispisteen verkonhaltijalle. Lähtökohtaisesti laitetodistuksilla ei voida taata voimalaitoskokonaisuuden ja kaikkien apulaitteiden yhteistoimintaa. Tämän vuoksi laitetodistuksia ei hyväksytä ensisijaisena todentamisen menetelmänä ja niiden käytöstä tulee sopia erikseen Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.



Mikäli käyttöönottokokeen suorittaminen ei ole mahdollista liittymispisteen verkonhaltijan verkon tai sähköjärjestelmän käyttötilanteesta johtuen, tulee liittyjän sopia erikseen Fingridin ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa käyttöönottokokeen korvaamisesta. Fingrid määrittää, voidaanko jokin käyttöönottokoe mahdollisesti korvata jollakin seuraavista menetelmistä:

- 1) valtuutetun todentajan myöntämät laitetodistukset, akkreditoitujen laboratoriodien sertifikaatit tai vastaavat yksityiskohtaiset turbiinigeneraattoreiden testausraportit,
- 2) jatkuva seuranta,
- 3) todennettuja laskentamalleja käyttäen suoritettut laskentatarkastelut.

### 19.3.3 Käyttöönottokokeiden dokumentointi ja hyväksyminen

Liittyjän vastuulla on dokumentoida käyttöönottokokeet ja niiden tulokset käyttöönottoraporttiin, joka osoittaa käyttöönottokokeissa todennettujen ominaisuuksien vaatimustenmukaisuuden. Liittyjän tulee toimittaa käyttöönottoraportti sähköisenä asiakirjana sekä käyttöönottokokeiden tulokset numeerisessa muodossa luvun 20.1.5 määrittämässä laajuudessa liittymispisteen verkonhaltijalle.

Liittyjän on sovittava erikseen liittymispisteen verkonhaltijan kanssa luvussa 6.3 kuvattujen vaiheittain etenevien voimalaitoshankkeiden osalta kokeiden suorittamisajankohdasta.

Liittymispisteen verkonhaltijan vastuulla on vahvistaa vaatimukseen liittyvän todentamisveloitteen täytyminen käyttöönottokokeiden osalta seuraavien neljän osakokonaisuuden perusteella:

- 1) Kokeiden valmistelu, suunnittelu ja tiedonvaihto on toteutettu Vaatimusten mukaisesti.
- 2) Kokeet on suoritettu Vaatimusten mukaisessa laajuudessa.
- 3) Kokeissa todennettu voimalaitoksen toiminta on Vaatimusten ja voimalaitoksesta toimitettujen tietojen mukainen.
- 4) Kokeista on toimitettu vaatimukseen liittyvien kokeiden osalta käyttöönottoraportti sekä mittausdata numeerisessa muodossa Vaatimusten mukaisesti (luku 20.1.5).

Käyttöönottoraportin kuvaajissa ja taulukoissa tulee esittää käyttöönottokokeissa mitatut suureet ja asetuservojen muutokset sellaisella aikaikkunalla ja resoluutiolla, joka mahdollistaa tulosten vaatimustenmukaisuuden arvioinnin kunkin testin osalta. Mikäli kokeen tuloksen arvioinnin kriteerinä on jokin tavoiteltava numeerinen raja-arvo, tulee raportissa esittää selvästi kyseinen arvo sekä sen kytkentä voimalaitoksen suunnitteluperusteisiin.

### 19.3.4 Käyttöönottokokeissa todennettavat toiminnot

Ennen käyttöönottokokeiden aloittamista tulee tarkastaa, että voimalaitoksen säätöjen, rajoittimien ja suojausten hankekohtaiset laiteasettelut vastaavat toimitettuja tietoja.

Erityisesti tulee todentaa toimitetuissa simulointimalleissa käytettyjen parametrien vastaavuus. Eroavaisuudet asetteluissa tulee selvittää ennen käyttöönottokokeiden aloittamista. Asetteluiden tarkastus sekä mahdolliset käyttöönottokokeiden aikana tehdyt muutokset asetteluihin tulee dokumentoida ja sisällyttää käyttöönottoraporttiin.

Käyttöönottokokeissa on todennettava seuraavat toiminnot:

#### 1) Taajuussäätö-ylitaajuustoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri kasvu. Säättöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka, aktivoitumistaajuus ja dynaamiset parametrit, kuten taajuuden askelmuutoksen vaste, on todennettava.
- Koe on suoritettava simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset.
- Koe voidaan suorittaa osoittamalla säädön aktivoituminen syöttämällä taajuusmittaukseen +0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %. Lisäksi osoitetaan, ettei säätö aktivoidu alle 0,5 Hz ylitaajuudella. Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 10.2.3 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

#### 2) Taajuussäätö-alitaajuustoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa mitoitustehon alapuolella olevissa toimintapisteissä taajuuden säätämiseksi tapauksessa, jossa järjestelmän taajuudessa tapahtuu suuri pudotus.
- Koe on suoritettava simuloimalla asianmukaisia pätötehon kuormituspisteitä pienillä taajuusaskelilla ja -rampeilla, jotka ovat riittävän suuria aiheuttamaan pätötehon muutoksen, joka on vähintään 10 % mitoitustehosta, kun kokeen aloituspiste on enintään 80 % mitoitustehosta, ottaen huomioon statiikka-asetukset.
- Koe voidaan suorittaa osoittamalla säädön aktivoituminen syöttämällä taajuusmittaukseen -0,7 Hz häiriösignaalia, kun statiikka on 4 %. Lisäksi osoitetaan, ettei säätö aktivoidu alle 0,5 Hz alitaajuudella.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 10.4.3 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

#### 3) Taajuussäätötoimintatila

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa jatkuvasti pätötehoa koko käyttöalueella mitoitustehon ja pienimmän säätötason välillä taajuuden säätämiseksi. Säättöjen pysyvän tilan parametrit, kuten statiikka ja kuollut alue sekä pätötehorajat ylös- ja alassäädölle, ja dynaamiset parametrit, kuten häiriönsieto

taajuuden askelmuutoksen vasteessa ja suurten ja nopeiden taajuuspoikkeamien aikana, on todennettava. Taajuussäädön toiminnan jatkuvuus eri asettelut omaavalta taajuusalueelta toiselle on todennettava. Kokeiden alkaessa voimalaitoksen pätötehotuotannon tulee olla vähintään 30 % voimalaitoksen mitoitustehosta ja taajuussäädön säätöalueen tulee olla vähintään  $\pm 10$  % voimalaitoksen mitoitustehosta.

- Koe on suoritettava verkon taajuusmittaukseen perustuen sekä simuloimalla taajuusaskelia ja -ramppeja, jotka ovat riittävän suuria aktivoimaan koko pätötehon taajuusvastealueen. Kokeessa on otettava huomioon taajuusalueesta riippuvat statiikka-asetukset ja kuollut alue, sekä kyky tosiasiallisesti kasvattaa tai vähentää pätötehon tuotantoa kyseessä olevaan toimintapisteeseen nähden. Kokeessa voimalaitoksen pätötehon muutosnopeus tulee asettaa suurimpaan sallittuun arvoon. Kokeessa häiriösignaali tulee nollata aina ennen uuden häiriösignaalin antamista. Voimalaitoksen käytöstä vastaava toimija suorittaa taajuussäädön asettelun ja päälle-/poiskytkennän. Koe voidaan suorittaa seuraavin menettelyin:
  - a) Asetetaan taajuussäädön tehoalueet koeolosuhteet huomioiden siten, että ne ovat kokeen aikana saavutettavissa ja statiikka taajuusalueittain esim. seuraavasti:
    - i.  $<49,5$  Hz / 4 % (LFSM-U)
    - ii. 49,5–49,9 Hz / 6 %
    - iii. 49,9–50,0 Hz / 5 %
    - iv. kuolleeksi alueeksi asetellaan 0 mHz
    - v. 50,0–50,1 Hz / 3 %
    - vi. 50,1–50,5 Hz / 7%
    - vii.  $>50,5$  Hz / 4 % (LFSM-O)
  - b) Kytetään taajuussäätö päälle kaikilla taajuusalueilla ja mitataan taajuussäädön vaste vähintään 10 minuutin ajan verkon normaaliin taajuusmittaukseen perustuen.
  - c) Syötetään taajuusmittaukseen +0,1 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - d) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 50,1–50,5 Hz pois käytöstä. Syötetään taajuusmittaukseen +0,4 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - e) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 50,0–50,1 Hz pois käytöstä. Syötetään taajuusmittaukseen +0,05 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.

- f) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 50,1–50,5 Hz päälle. Syötetään taajuusmittaukseen +0,5 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - g) Syötetään taajuusmittaukseen –0,1 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - h) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 49,5–49,9 Hz pois käytöstä. Syötetään taajuusmittaukseen –0,4 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - i) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 49,9–50,0 Hz pois käytöstä. Syötetään taajuusmittaukseen –0,05 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - j) Kytetään taajuussäätö taajuusalueella 49,5–49,9 Hz päälle. Syötetään taajuusmittaukseen –0,5 Hz suuruinen häiriösignaali askelmaisena.
  - k) Kytetään taajuussäätö kaikilla taajuusalueilla päälle ja asetetaan taajuussäädön statiikka taajuusalueittain kohdasta a) poikkeaviin arvoihin. Syötetään taajuusmittaukseen –0,7...+0,7 Hz suuruinen häiriösignaali ramppimaisena siten, että voimalaitoksen tehonsäätö kykenee seuraamaan taajuusmuutosta läpi kokeen annetulle tehorajalle asti.
  - l) Asetetaan kuollut alue  $\pm 10$  mHz ja mitataan taajuussäädön vaste vähintään 5 minuutin ajan verkon normaaliin taajuusmittaukseen perustuen.
  - m) Asetetaan kuollut alue  $\pm 100$  mHz. Syötetään taajuusmittaukseen +50 mHz ja –50 mHz suuruinen häiriösignaali, tämän jälkeen syötetään +150 mHz ja –150 mHz suuruinen häiriösignaali.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 16.3.3 ja 16.3.8 vaatimukset täyttyvät ja askelmuutoksen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.
- 4) Pätötehon muutosnopeus
- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky muuttaa pätötehoa luvun 16.3.5 määrittämällä käyttöalueella ja muutosnopeudella. Koe tulee suorittaa kahdella pätötehon muutosnopeudella,  $0,1 \times P_{\max}$  / minuutissa ja maksimimuutosnopeudella (kuitenkin vähintään  $1,0 \times P_{\max}$  / minuutissa).
  - Koe voidaan suorittaa ohjaamalla voimalaitoksen pätöteho minimiteholle ja tämän jälkeen ohjaamalla voimalaitoksen pätöteho maksimiteholle. Tämän jälkeen koe toistetaan päinvastaisessa järjestyksessä.
  - Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 16.3.5 vaatimukset täyttyvät ja tehomuutoksen aikana tai sen jälkeen ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.

## 5) Vakiojännitesäätö

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky säätää jännitettä ja toimia lukujen 18.2.2 ja 18.2.5 vaatimusten mukaisesti voimalaitoksen toimiessa sähköverkkoon kytkeytyneenä.
- Kokeessa on suoritettava voimalaitoksen jännitteensäädön askelvastekokeet, kun voimalaitos on kytkeytyneenä verkkoon. Kokeiden tulee osoittaa jännitteensäädön suorituskyky sekä ohjearvon ja loistehostatiikan aseteltavuus. Koe voidaan suorittaa seuraavin menettelyin:
  - a) Asetetaan jännitteensäädön loistehostatiikka arvoon 2 % ja muutetaan askelmaisesti voimalaitoksen jännitteensäädön ohjearvoa seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu.
  - b) Asetetaan jännitteensäädön loistehostatiikka arvoon 4 % ja muutetaan askelmaisesti voimalaitoksen jännitteensäädön ohjearvoa seuraavasti: 1,00 pu, 1,01 pu, 1,00 pu, 0,99 pu, 1,00 pu, 1,02 pu, 1,00 pu, 0,98 pu, 1,00 pu.
  - c) Tehdään jännitemuutos voimalaitoksen sisäverkossa esimerkiksi askeltamalla voimalaitoksen päämuuntajan käämikytkintä. Kokeen tarkoituksena on todentaa suuntaajajyksiköiden loistehosäädön nopea alkuvaste.
  - d) Tehdään jännitemuutos liittymispisteen verkossa esimerkiksi askeltamalla kantaverkon muuntajan käämikytkintä tai kytkemällä reaktori. Kokeen suorittamisesta sovitaan erikseen Fingridin kanssa.
  - e) Mikäli jännitteensäädölle on määritelty vaihtoehtoinen asetteluryhmä, kohtien a-d kokeet tulee toistaa myös näillä asetteluilla.
  - f) Osoitetaan voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan käyttöliittymästä tehtävä ohjearvon aseteltavuus ja muutosnopeuden rajoitus.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 18.2.2 ja 18.2.5 vaatimukset täyttyvät ja askelvastekokeiden jälkeen voimalaitos saavuttaa stabiilin toimintapisteen, jossa ei esiinny huonosti vaimenevia lois- tai pätötehoheilahteluja. Koska jännitteensäädön suorituskykylaskelma on laadittu mallilla, joka ei vastaa testien aikaista verkon tilannetta, voimalaitoksen loistehovaste saattaa poiketa mallin antamista tuloksista.
- Mikäli jännitteensäädölle on valittavissa useita toimintatiloja tai mittauspisteitä, tulee säädön toiminta myös niissä todentaa.

## 6) Vakioloistehosäätö

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky säätää loistehoa ja toimia lukujen 18.2.3 ja 18.2.5 vaatimusten mukaisesti voimalaitoksen toimiessa sähköverkkoon kytkeytyneenä.

- Kokeessa on suoritettava loistehon askelmaisia muutoksia, kun voimalaitos on kytkeytyneenä verkkoon. Kokeiden tulee osoittaa loistehosäädön suorituskyky sekä ohjearvon aseteltavuus.
- Koe voidaan suorittaa ohjaamalla voimalaitoksen loistehosäädön ohjearvon askelmaisia muutoksia  $0,3 \times Q_n$  portain, jotka osoittavat loistehovasteen nousuajan. Erikseen osoitetaan voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan käyttöliittymästä tehtävä ohjearvon aseteltavuus ja muutosnopeuden rajoitus.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 18.2.3 ja 18.2.5 vaatimukset täyttyvät ja askelmaisen loistehon muutoksen jälkeen voimalaitos saavuttaa stabiilin toimintapisteen, jossa ei esiinny huonosti vaimenevia lois- tai pätötehoheilahteluja.

## 7) Vakiotehokerroinsäätö

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky säätää liittymispisteestä mitattavaa tehokerrointa ja toimia lukujen 18.2.4 ja 18.2.5 vaatimusten mukaisesti voimalaitoksen toimiessa sähköverkkoon kytkeytyneenä.
- Kokeessa on suoritettava tehokerroinsäädöllä loistehon askelmaisia muutoksia, kun voimalaitos on kytkeytyneenä verkkoon. Kokeiden tulee osoittaa tehokerroinsäädön suorituskyky sekä ohjearvon aseteltavuus.
- Koe voidaan suorittaa ohjaamalla voimalaitoksen tehokerroinsäädön ohjearvon muutoksia  $0,02:n$  portain, jotka osoittavat loistehovasteen nousuajan. Erikseen osoitetaan voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan käyttöliittymästä tehtävä ohjearvon aseteltavuus ja muutosnopeuden rajoitus.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 18.2.4 ja 18.2.5 vaatimukset täyttyvät ja askelmaisen loistehon muutoksen jälkeen voimalaitos saavuttaa stabiilin toimintapisteen, jossa ei esiinny huonosti vaimenevia lois- tai pätötehoheilahteluja.

## 8) Loistehokapasiteettikoe ja pätötehon rajoittaminen

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky kuluttaa ja tuottaa loistehoa luvun 17.2 vaatimusten mukaisesti ja todentaa loistehokapasiteetilaskelman tulokset. Lisäksi kokeessa todennetaan pätötehon rajoittaminen ja pätötehon säädön tarkkuus. Mikäli voimalaitoksella on käytössä luvun 17.2.3 mukaisia erillisiä kompensointilaitteita, tulee myös niiden toiminta todentaa.
- Ennen kokeen suorittamista liittäjän tulee sopia liittymispisteen verkonhaltijan kanssa sallituista jännite- ja loistehorajoista. Loistehokapasiteettikoe tulee rajoittaa verkon normaalin käyttöjännitteen sallimiin rajoihin.
- Koe on suoritettava voimalaitoksen suurimmalla induktiivisella sekä suurimmalla kapasitiivisella loisteholla, voimalaitoksen tuottaessa pätötehoa kolmessa eri toimintapisteessä vaaditun toiminta-ajan:

- a) Yli 60 % mitoitustehosta, vähintään 30 minuuttia\*. Koe on suoritettava suurimmalla saatavilla olevalla pätöteholla, jota voidaan ylläpitää koko kokeen ajan.
- b) 30–50 % mitoitustehosta, vähintään 30 minuuttia\*
- c) 10–20 % mitoitustehosta, vähintään 60 minuuttia\*\*

\*/\*\*) Kokeen kesto kullakin tehotasolla voidaan lyhentää 15 minuuttiin, mikäli laitteiston loistehokapasiteetti osoitetaan vähintään 30\* / 60\*\* minuuttia kestävässä kokeessa valtuutetun todentajan antamin laitetodistuksin (tehdas- tai tyyppikoeraportti). Laitetodistukset tulee esittää osana koeohjelmaa ennen kokeen suorittamista.

- Koe voidaan suorittaa muuttamalla voimalaitoksen jännitteensäädön ohjearvoa hitaasti sekä induktiiviseen että kapasitiiviseen rajaan asti kullakin pätötehotasolla. Vaihtoehtoisesti koe voidaan suorittaa vakioiloistehosäädöllä.
  - Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 16.3.4, 16.3.8 ja 17.2 vaatimukset täyttyvät
- 9) Pätötehon nopea alassäätö
- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky säätää nopeasti pätötehoa luvun 16.3.6 mukaisesti.
  - Koe voidaan suorittaa ohjaamalla voimalaitoksen pätöteho mitoitusteholta 20 %:n pätötehotasolle.
  - Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 16.3.6 vaatimukset täyttyvät ja tehomuutoksen seurauksena ei esiinny vaimentumattomia tehoheilahteluja.
- 10) Pysäytys ja käynnistys
- Kokeen on osoitettava, ettei voimalaitoksen pysäytys ja käynnistys aiheuta sähkön laatupoikkeamia liittymispisteen verkonhaltijan verkossa.
  - Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 16.3.2.3 ja liittymispisteen verkonhaltijan asettamat sähkönlaadun vaatimukset täyttyvät.
- 11) Jännitteensäädön häiriö
- Kokeen on osoitettava, että voimalaitoksen jännitteensäätö vaihtaa suunnitellusti tilaansa häiriötilanteessa, jossa esimerkiksi mittaus säädettävästä kiskosta menetetään. Kaikki suunnitellut tilanvaihdot tulee todentaa.
  - Koe voidaan suorittaa simuloimalla mittaushäiriö mittauspiiriin.
  - Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli luvun 18.2.5 vaatimukset täyttyvät.

12) Kaukokäytön ohjaukset

- Kokeen on osoitettava, että voimalaitokselta vaaditut kaukokäytön ohjaukset toimivat. Kokeen tulee kattaa kaikki ohjauspaikat mukaan lukien Fingridin sähköinen ohjausyhteys ja mahdollinen liittymispisteen verkonhaltijan ohjausyhteys sekä osoittaa ohjauspaikkojen välisten ohjausoikeuksien priorisointi. Lisäksi on osoitettava mahdollisten kaukokäytön epäkäytettävyyteen liittyvien automatisoitujen toimintojen suunniteltu toiminta (kuten tuotannon keskeyttäminen viiveellä).
- Koe suoritetaan antamalla ohjauspaikalta sähköinen ohjaus voimalaitokselle. Ohjaukset tulee suorittaa kaikille ohjaussignaaleille ja todentaa, että ensisijaisen ohjausoikeuden omaavan tahon antama ohjaus priorisoidaan. Ohjaukset suoritetaan muiden käyttöönottokokeiden yhteydessä käyttäen voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan ensisijaista käyttöliittymää. Muiden ohjauspaikkojen ohjausten – mukaan lukien Fingridin ja voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan välinen sähköinen ohjausyhteys – toiminta voidaan todentaa erikseen.
- Kokeen katsotaan onnistuneen luvun 10.4.1. ja 10.5.1 vaatimusten täytyessä.

#### 13) Autonominen kytkeytyminen ulkoisten verkkoyhteyksien menetyksen jälkeen

- Kokeen on osoitettava, että autonomiseen kytkeytymiseen suunniteltu voimalaitos palautuu ulkoisen sähkönsyöttö- ja tietoliikenneyhteyksien menetyksen jälkeen suunnitellusti takaisin paikallisohjaukseen ja kaukokäyttöön, suunnitellun mukaiseen tuotantovalmiuteen ja lopulta voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan valtuuttamana tuotantoon. Lisäksi kokeen tulee osoittaa, ettei pitkään ulkoisten verkkoyhteyksien menetys aiheuta laitteiden asetteluihin tahattomia muutoksia, kuten säätäjien palautumista tehdasasetuksiin.
- Koe voidaan suorittaa avaamalla voimalaitoksen liittymispisteessä oleva tai vastaava katkaisija voimalaitoksen toimiessa vähintään 10 %:n pätötehotasolla. Tämän lisäksi voimalaitoksen kaukokäytön tietoliikenneyhteydet katkaistaan samanaikaisesti. Syöttö liittymispisteen verkosta sekä kaukokäyttöyhteys palautetaan esimerkiksi 30 minuutin kuluttua.
- Kokeen katsotaan onnistuneen, mikäli lukujen 10.2.9, 10.4.1, 10.4.2 ja 10.5.1 vaatimukset täyttyvät.

#### 14) Voimalaitoksen stabiili toiminta muiden suuntaajakäyttöisten voimalaitosten kanssa

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen säätöjärjestelmien kyky toimia stabiilisti alueen muiden suuntaajakäyttöisten voimalaitosten kanssa luvun 18.2.1 vaatimusten mukaisesti. Kokeen toteutustapa harkitaan aina tapauskohtaisesti Fingridin toimesta. Mikäli koetta ei toteuteta, voimalaitoksen stabiili toiminta osoitetaan laskentatarkasteluihin ja jatkuvan seurannan avulla voimalaitoksen käytön aikana.
- Koe voidaan suorittaa muuttamalla taustaverkon kytkentätilaa voimalaitoksen syöttäessä yksin tai yhdessä muiden voimalaitosten kanssa pätötehoa verkkoon niin, että kytkennän muuttuessa taustaverkon oikosulkuteho muuttuu.



- Kokeen katsotaan onnistuneen voimalaitoksen toiminnan jatkuessa stabiilina. Toiminnan tulee vastata voimalaitoksesta toimitettuja mallinnustietoja. Vastaavuuden arvioi Fingrid.

#### 15) Lähivikakestoisuus

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen lähivikakestoisuus luvun 10.3.2 (tyyppi C) tai 10.5.2 (tyyppi D) vaatimusten mukaisesti. Lähivikakokeen toteutustapa harkitaan aina tapauskohtaisesti Fingridin toimesta. Kokeessa voidaan käyttää testiverkkoa, jonka topologia poikkeaa kytkennältään ja oikosulkuteholtaan voimalaitoksen normaalista verkkoliitynnästä. Mikäli lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluin ja jatkuvan seurannan avulla voimalaitoksen käytön aikana.

#### 19.3.5 Hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeet

Hybridivoimalaitoksille suoritettavat kokeet täydentävät luvun 19.3.4. laitososiokohtaisia kokeita. Kokeiden tarkoituksena on osoittaa laitososioiden suunniteltu yhteistoiminta hybridivoimalaitoksen keskussäätäjän ohjaamana.

##### 1) Loistehokapasiteettikoe

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky kuluttaa ja tuottaa loistehoa luvun 17.2.6 vaatimusten mukaisesti ja todentaa loistehokapasiteetilaskelman tulokset. Kokeessa tulee lisäksi todentaa laitoskohtaisten suunnitteluperusteiden mukaisesti laitososioiden loistehokapasiteetin mahdollinen korvaaminen toisella laitososioilla sekä päätötehon rajoittaminen loistehokapasiteetin ollessa puutteellinen.
- Koe voidaan suorittaa ajamalla samanaikaisesti päätötehoa ja loistehoa kaikilla laitososioilla vähintään 20 %:n mitoitusteholla. Loistehokapasiteetin korvaaminen toisella laitososioilla voidaan osoittaa erillisellä kokeella, jossa yksittäisen laitososion toiminta estetään kokonaan tai osittain, jolloin puuttuva loistehokapasiteetti korvataan toisella laitososioilla. Päätötehon rajoittaminen puutteellisesta loistehokapasiteetista johtuen voidaan osoittaa rajoittamalla yhden tai useamman laitososion loistehon tuotantokykyä tasolle, jossa päätötehorajoitus astuu voimaan.
- Kokeen katsotaan onnistuneen hybridivoimalaitoksen tuottaessa loistehokapasiteetilaskelmassa määritetty määrä induktiivista ja kapasitiivista loistehoa vähintään 15 minuutin ajan. Loistehokapasiteetin korvaustoimintojen ja päätötehon rajoitustoimintojen tulee toimia suunnitellusti.

## 2) Laitososion irtikykytyminen

- Kokeen on osoitettava voimalaitoksen tekninen kyky jatkaa toimintaansa yksittäisen laitososion irtikykytymisestä huolimatta luvun 10.2.1 vaatimusten mukaisesti.
- Koe voidaan suorittaa kytkemällä odottamattomasti irti jokin laitososio tai osa siitä voimalaitoksen syöttäessä sähköverkkoon vähintään 20 %:n mitoitustehon suuruisen pätötehon sekä mitoitusloistehonsa suuruisen kapasitiivisen loistehon.
- Kokeen katsotaan onnistuneen voimalaitoksen jatkaessa toimintaansa ilman muiden laitososioiden toimintahäiriöitä ja loistehokapasiteetin korvaustoimintojen toimiessa suunnitellusti.

## 3) Monitorointijakso

- Kokeen on osoitettava hybridivoimalaitoksen keskussäätäjän toimivan suunnitellusti ja täyttävän Vaatimukset
- Koe tulee suorittaa järjestämällä monitorointijakso, jonka pituus on vähintään 30 päivää. Monitorointi voidaan suorittaa hyödyntämällä voimalaitoksen tallentimia, mikäli niiden ominaisuudet soveltuvat jatkuvaan mittaamiseen.
- Monitorointijakson ajalta valitaan suurin verkkohäiriö/tapahtuma, jota käytetään simulointimallien validointiin. Tapahtuman jännite- ja taajuusnauhoite liittymispisteestä toistetaan simulaatiomallissa ja eri voimalaitosten eri laitososien vastetta verrataan vastaavan tilanteen mittauksiin. Edustava verkkotapahtuma sovitaan yhdessä Fingridin kanssa monitorointijakson päätteeksi ja validoinnin tulokset sisällytetään monitorointijaksosta laadittavaan raporttiin.
- Mikäli monitorointijakson aikana havaitaan puutteita hybridivoimalaitoksen toiminnassa, puutteet tulee viipymättä korjata ja korjausten vaikutus todentaa tarvittavin koejärjestelyin.
- Kokeen katsotaan onnistuneen sen osoittaessa laitoksen säätöjen toimivan toimitetuissa tiedoissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

## 19.4 Tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen käyttöönottokokeet

Tyypin D suuntaajakytkettyä voimalaitosta koskevat samat käyttöönottokoevaatimukset kuin tyypin C suuntaajakytkettyä voimalaitosta (luku 19.3). Mikäli tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen jännitteensäädön toiminnan vaikutus sähkömekaanisiin heilahteluihin on sähköjärjestelmän siirtokykyä heikentävä, tulee luvun 18.3 mukaisten lisäsäätötoimintojen todentamisesta sopia erikseen Fingridin kanssa.

## 20 Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset

### 20.1 Tyypin C suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset

#### 20.1.1 Yleiset mallinnusvaatimukset

Suuntaajakytketyistä voimalaitoksista toimitettavien laskentamallien tulee toistaa voimalaitoksen keskeiset toiminnallisuudet ja ominaisuudet todenmukaisesti.

Laskentamallien tulee sisältää kaikki voimalaitoksen pääkomponentit mukaan lukien kompensointilaitteistot sekä voimalaitoksen toimintaan verkossa vaikuttavat säätimet, rajoittimet ja suojalaitteet. Laskentamallien tulee olla parametroitavissa Vaatimusten piirissä olevien ominaisuuksiensa osalta. Laskentamallien mukana tulee toimittaa kattava dokumentaatio, joka mahdollistaa mallin käytön ja parametroinnin erilaisia käyttö- ja häiriötilanteisiin liittyviä tarkasteluja varten.

Laskentamallit tulee toimittaa PSS®E-laskentaohjelmistolle laadittuna mallina. Fingrid ylläpitää erillistä mallinnusohjetta, jossa on kuvattu kulloinkin käytössä olevat ohjelmistoversiot sekä niillä laadituilta malleilta edellytettävät ominaisuudet.

Liittyjän tulee ylläpitää voimalaitoksesta laadittuja laskentamalleja huomioiden voimalaitokseen tehtävät, malleihin vaikuttavat muutokset ja toimittaa päivitettyt mallit liittymispisteen verkonhaltijalle ja Fingridille.

#### 20.1.2 Voimalaitoksen aggregointi laskentamallia varten

Voimalaitoksen tehonjako-, vikavirta- ja dynamiikkalaskentamallit tulee toimittaa yhtenä, koko voimalaitosta kuvaavana kokonaisuutena, jossa samanlaisista suuntaajakytketyistä yksiköistä koostuvat osajärjestelmät kuvataan yhdellä ekvivalenttgeneraattorilla. Mallin tulee käsittää ekvivalenttgeneraattorien lisäksi generaattorin ja voimalaitoksen sähköjärjestelmään liittämiseksi tarvittavat muuntajat sekä liittymisverkko.

Hybridivoimalaitoksesta toimitettavan mallin tulee sisältää kaikki laitososiot.

#### 20.1.3 Tehonjako- ja vikavirtalaskentaa koskevat vaatimukset

Tehonjako- ja vikavirtalaskentamallin tulee toistaa Vaatimusten mukaisella jännite- ja taajuustoiminta-alueella voimalaitoksen vaikutus seuraaviin asioihin:

- 1) sähköjärjestelmän tehonjakoon, huomioiden mahdolliset riippuvuudet esim. tuotantotehon ja liittymispisteen jännitteen välillä,
- 2) sähköverkon jänniteprofiiliin, huomioiden eri jännite- ja loistehonsäädön toimintatilat ja rajoitteet sekä mahdolliset kompensointilaitteet,
- 3) vikavirtoihin.

#### 20.1.4 Suuntaajakytketyn voimalaitoksen dynamiikkalaskentaa koskevat vaatimukset

Dynamiikkalaskentaan tarkoitetun mallin tulee toistaa Vaatimusten mukaisella jännite- ja taajuustoiminta-alueella voimalaitoksen toiminta huomioiden voimalaitoksen vaste ja vaikutus seuraaviin asioihin:

- 1) jännitteen amplitudin ja sen vaihekulman muutoksiin sähkömekaanisten muutosilmiöiden yhteydessä,
- 2) kulmastaabiiliuteen liittyviin pienten ja suurten herätteiden jälkeisiin sähkömekaanisiin heilahteluihin taajuuksilla 0,1–2 Hz,
- 3) jännitestaabiiliuteen liittyviin nopeisiin (10 ms–10 s) muutosilmiöihin. Näissä on otettava huomioon laitoksen toiminta lyhytaikaisten jännitehäiriöiden yhteydessä sekä pätötehon palautumisen ja loistehokapasiteetin riippuvuus jännitteestä.
- 4) suuntaajalähtöiseen stabiiliuteen liittyviin nopeisiin (10 ms–10 s) muutosilmiöihin. Ilmiöt tulee pyrkiä kuvaamaan mahdollisimman todenmukaisesti huomioiden PSS<sup>®</sup>E-ohjelmiston rajoitteet.

#### 20.1.5 Mallinnustietojen todentamista ja dokumentaatiota koskevat vaatimukset

Mallinnuslaskentaa varten toimitettavat tiedot on todennettava vertaamalla mallinnustietoja käyttäen saatuja laskentatuloksia voimalaitoksen käyttöönottokokeiden tuloksiin. Mallinnustietojen todentamisvelvoite koskee voimalaitosta taulukoiden 20.1 ja 20.2 esittämässä laajuudessa. Liittymispisteen verkonhaltija ja Fingrid toimittavat liittyjälle todentamisessa tarvittavat tiedot verkosta ja sen tilasta. Todentaminen tehdään tarvittaessa yhteistyössä Fingridin kanssa hyödyntäen Fingridin verkkomalleja.

Mallinnuslaskentaa varten toimitettavat tiedot on dokumentoitava. Dokumentaatio on toimitettava sähköisinä asiakirjoina liittymispisteen verkonhaltijalle. Toimitettavien asiakirjojen tulee olla kirjoitusasultaan ja rakenteeltaan selkeitä ja yksiselitteisiä. Dokumentaation tulee kattaa seuraavat pääkohdat:

- 1) Voimalaitoksen komponentit ja niitä yhdistävä sähköverkko
- 2) Lohkokaavioesitys pätötehon ja taajuuden säädöstä parametreineen
- 3) Lohkokaavioesitys jännitteen ja loistehon säädöstä parametreineen
- 4) Lohkokaavioesitys muista voimalaitoksen lisäsäädöistä tai komponenteista ja niiden toiminnasta, mikäli niillä on vaikutusta Vaatimusten kannalta
- 5) Ohjeistus laskentamallin käyttämiseen ja ylläpitoon
- 6) Mallinnustietojen todentamisen tulokset:
  - a) raportti mallin todentamisesta,
  - b) laskentatuloksien ja käyttöönottokokeiden tuloksien vertailu taulukon 20.1 esittämässä laajuudessa,

- c) käyttöönottokokeiden mittaustulokset numeerisessa muodossa taulukon 20.2 esittämässä laajuudessa niiltä osin kuin taulukko 20.1 todennettavaksi velvoittaa,
- d) selvitys mahdollisista poikkeamista laskentatuloksien ja käyttöönottokokeiden tuloksien välillä.

**Taulukko 20.1. Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnustietojen todentamisvelvoite tyyppiluokittain.**

Todennettava osa-alue	Tyyppi C	Tyyppi D
Voimalaitoksen jännitteensäädön askelvaste kahdella eri loistehostatiikan arvolla luvun 19.3.4 kohdan 5) a)- ja b)- kohtien mukaisesti (sekä jännitteen nousu että lasku)	X	X
Voimalaitoksen loistehokapasiteetti ja kapasiteettia rajoittavien rajoittimien toiminta	X	X
Mahdollisten lisäsäätöjen toiminta esim. POD (luku 18.3)		X
Lähivikakoe <sup>1)</sup>	X	X

<sup>1)</sup> Sovitaan tapauskohtaisesti. Mikäli voimalaitoksen lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluilla.

**Taulukko 20.2. Numeerisessa muodossa toimitettavat käyttöönottokokeiden mittaustiedot, joihin mallinnustiedoilla laskettuja tuloksia verrataan.**

Todennettava osa-alue	$U_{PCC}$	$P_{PCC}$	$Q_{PCC}$	Signaalit
Voimalaitoksen jännitteensäädön askelvaste kahdella eri loistehostatiikan arvolla (sekä jännitteen nousu että lasku)	X	X	X	Jännitteen ohjearvo
Voimalaitoksen loistehokapasiteetti ja kapasiteettia rajoittavien rajoittimien toiminta	X	X	X	Jännitteen ohjearvo
Mahdollisten lisäsäätöjen toiminta esim. POD (vain tyyppi D, ks. luku 18.3)	X	X	X	Sovitaan tapauskohtaisesti
Lähivikakoe	Sovitaan tapauskohtaisesti. Mikäli voimalaitoksen lähivikakoetta ei toteuteta, voimalaitoksen toiminta lähiviassa osoitetaan laskentatarkasteluilla.			
$U_{PCC}$	liittymispisteen jännite			
$P_{PCC}$	liittymispisteestä mitattu voimalaitoksen pätöteho			
$Q_{PCC}$	liittymispisteestä mitattu voimalaitoksen loisteho			

## 20.2 Tyypin D suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mallinnusvaatimukset

Tyypin D suuntaajakytkettyä voimalaitosta koskevat samat mallinnusvaatimukset kuin tyypin C suuntaajakytkettyä voimalaitosta. Sen lisäksi tyypin D suuntaajakytketyn voimalaitoksen tulee täyttää tässä luvussa esitetyt vaatimukset.

Laskentamallit tulee toimittaa PSS<sup>®</sup>E-ohjelmistolle sekä PSCAD<sup>™</sup>-ohjelmistolle laadittuna.

Voimalaitoshankkeen pitkästä kestästä johtuen todentamisprosessin vaiheessa 1 toimitettaville ja vaiheessa 2 päivitettävälle malleille asetetut vaatimukset saattavat poiketa toisistaan. Liittyjän tulee kussakin todentamisprosessin vaiheessa toimitettavia tietoja kootessaan tarkastaa voimassa olevat mallinnusvaatimukset Fingridiltä ja huomioida ne toimitettavissa malleissa.

PSCAD<sup>™</sup>-mallin tulee toistaa luvun 20.1.4 vaatimusten lisäksi voimalaitoksen toiminta Vaatimusten mukaisella jännite- ja taajuustoiminta-alueella sekä häiriöiden yhteydessä huomioiden voimalaitoksen vaste ja vaikutus seuraaviin asioihin:

- 1) resonanssistabiiliuteen liittyviin nopeisiin (10 ms – 10 s) ilmiöihin
- 2) suuntaajalähtöiseen stabiiliuteen liittyviin erittäin nopeisiin (0,4 ms–1 s) muutosilmiöihin.

Mallien todentamisvelvoite käyttöönottotestejä vasten (Taulukko 20.1) koskee kaikkia toimitettuja malleja.

Liittyjän tulee toimittaa tiedot voimalaitosmallin sisältämien suuntaajakytkettyjen yksiköiden, säätäjien, suojalaitteiden ja muiden aktiivisten komponenttien toimintaa kuvaaville malleille tehdyistä todentamistoimenpiteistä, kuten Hardware-In-the-Loop (HIL)-testeistä, joissa fyysisen laitteen vastetta sähköverkon ilmiöihin testataan osana simulointimallia. Fingridillä on oikeus vaatia mallien toiminnan todentamista HIL-testein, mikäli mallin ja Fingridin verkon käyttövarmuuden kannalta merkittävän laitteen toiminnan vastaavuutta ei voida muulla tavoin todentaa.

### 20.2.1 Erityistarkasteluvaatimukset

Luvun 5 mukaisesti asetetuissa erityistarkasteluissa käytetyt laskentamallit on toimitettava Fingridille osana erityistarkastelun loppuraporttia. Kyseiset laskentamallit on päivitettävä käyttöönottokokeiden jälkeen ja toimitettava Fingridille osana voimalaitoksen loppudokumentaatiota.

## 21 Liite A: Voimalaitosten jännitteensäädön asetteluperiaatteet

### Sisällysluettelo

21.1	Johdanto .....	129
21.2	Jännitteensäätö.....	130
21.2.1	Jännitteensäädön säätötapa .....	130
21.2.2	Jännitteensäädön asetusarvo .....	130
21.2.3	Päämuuntajan mitoitus.....	130
21.2.4	Päämuuntajan käännyttämisen käyttö .....	130
21.3	Loistehostatiikka ja asetusarvo.....	131
21.3.1	Määritelmä .....	131
21.3.2	Asetusarvo.....	132
21.4	Laitosloistehonsäätö .....	133
21.5	Esimerkkikuvat vaihtoehtoisista toteutuksista.....	134
21.5.1	Suuntaajakytketty voimalaitos .....	134
21.5.2	Tahtikonevoimalaitos – yksi generaattori.....	135
21.5.3	Tahtikonevoimalaitos – kaksi tai useampia generaattoreita.....	136



## 21.1 Johdanto

Tämä ohje on laadittu voimalaitosten jännitteensäädön asettelukäytäntöjen yhdenmukaistamiseksi. Ohjetta sovelletaan ensisijaisesti 110 kV verkkoon liittyneille yli 10 MW voimalaitoksille, mutta samoja periaatteita noudatetaan myös alemmilla jännitetasoilla. Ylemmillä jännitetasoilla ohjetta sovelletaan erikseen sovittaessa. Erikoistilanteissa tapauskohtainen soveltaminen on sovittava aina erikseen liittäjän ja liittymispisteen verkonhaltijan kanssa.

Suomen sähköjärjestelmään liitettyjen voimalaitosten tulee täyttää Fingrid Oyj:n Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset (VJV2024). Voimalaitosten järjestelmätekniiset vaatimukset asettavat voimalaitokselta vaaditun loistehokapasiteetin liittämistavan, mitoitusvahvuuden ja liittymispisteen jännitetason perusteella.

Tämän lisäksi Kantaverkkosopimuksen (KVS2016) liitteessä "Loissähkön toimitus ja loistehoreservin ylläpito" todetaan seuraavaa:

*"Nimellisjännitteeltään 400 kV kantaverkkoon liitetyn sähköntuotantolaitteiston loissähkön tuotanto- ja sisäänottokyky tulee laitoksen verkossa ollessa varata loistehoreserviksi kokonaan lukuun ottamatta laitoksen muuntajien sekä sähköntuotantolaitoksen omakäytön kuluttamaa loissähköä. Muissa sähköntuotantolaitteistoissa, joiden mitoitusvahvuus on yli 10 MW tai liittymispisteen jännitetaso on vähintään 110 kV, tulee sähköntuotantolaitteiston verkossa ollessa varata loistehoreserviksi puolet loissähkön tuotantokyvystä sekä sisäänottokyvystä mitattuna sähköntuotantolaitteiston liittymispisteessä."*

Tämän ohjeen jännitteensäädön periaatteet on asetettu ottaen huomioon käytettävissä oleva loistehokapasiteetti, sekä velvoite varata puolet voimalaitoksen loistehokapasiteetista voimajärjestelmän jännitteensäätöön. Tässä ohjeessa asetetut arvot perustuvat laskennallisiin tuloksiin sekä käytännön testaus- ja käyttökokemukseen.

## 21.2 Jännitteensäätö

### 21.2.1 Jännitteensäädön säätötapa

Tahtikonevoimalaitosten ensisijainen jännitteen säätötapa on generaattorin napajännitteen säätö.

Suuntaajakytkettyjen voimalaitosten ensisijainen jännitteen säätötapa on voimalaitoksen referenssipisteen jännitteensäätö.

### 21.2.2 Jännitteensäädön asetusarvo

Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa 110 kV kantaverkossa, jännitteensäädön asetusarvo on 118 kV, tämä on myös normaali kantaverkon käyttöjännite.

Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa alemmalla jännitetasolla, tulee jännitteensäätö asetella asetusarvoon, jossa voimalaitoksen loistehon anto kantaverkkoon tai otto kantaverkosta on mahdollisimman lähellä nolaa, kun kantaverkon jännite on 118 kV.

Noudattamalla yllä mainittuja asetusarvoja, voimajärjestelmän jännite pyrkii luontaisesti asetettuun normaaliin käyttöjännitteeseen, eikä jännitettä säätävien osapuolten välille synny turhaa loistehon siirtoa.

### 21.2.3 Päämuuntajan mitoitus

Kantaverkkoon liittyneen voimalaitoksen päämuuntajan (nk. blokki- tai nostomuuntaja) yläjännitepuolen mitoitusarvo on järkevää mitoittaa kantaverkon normaalin käyttöjännitteen (118 kV) mukaan.

### 21.2.4 Päämuuntajan käämikytkimen käyttö

Käämikytkimen käyttö ei ole pakollista, tosin siitä voi olla etua keskijänniteverkon jännitteenhallinnassa. Mikäli käämikytkin on asennettu, tulee sen käytössä noudattaa seuraavia periaatteita:

- Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa voimalaitoksen päämuuntajan yläjännitepuolella, käämikytkimen automaattisäätö on sallittu.
- Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa voimalaitoksen päämuuntajan alajännitepuolella, tulee käämikytkimen automaattisäädön olla estetty.
- Mikäli voimalaitoksen liittymispiste ja jännitteensäädön referenssipiste on jakeluverkossa, johon on liitetty myös kulutusta, vastaa liittymispisteen verkonhaltija päämuuntajansa käämikytkimen toiminnan koordinoinnista muuntajan alajännitepuolelle liittyvän voimalaitoksen jännitteensäädön kanssa. Ensisijaisesti toiminta tulee koordinoida valitsemalla voimalaitoksen jännitteensäädölle riittävän suuri loistehostatiikan arvo. Tarvittaessa voimalaitoksen jännitteensäädölle voidaan asetella kuollut alue, joka mahdollistaa

käämikytkimen toiminnan ennen voimalaitoksen jänniteensäätöä alle  $\pm 2\%$  jännitemuutoksissa.

## 21.3 Loistehostatiikka ja asetusarvo

Loistehostatiikan avulla voimajärjestelmän jänniteensäätöön osallistuvat voimalaitokset jakavat voimajärjestelmän jännitteen muutoksesta aiheutuvan loistehon tuotantomuutoksen tasaisesti.

### 21.3.1 Määritelmä

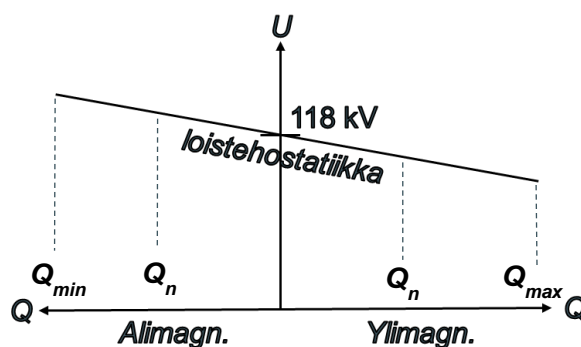
Loistehostatiikka (slope) määritellään jännitteen muutoksen suhteena voimalaitoksen tuottaman loistehon muutokseen seuraavan yhtälön (1) mukaisesti:

$$\text{slope} = \frac{\frac{\Delta U}{U_n}}{\frac{\Delta Q}{Q_n}} \quad (1)$$

jossa  $\Delta U$  on jännitteen muutos,  $U_n$  on mitoitusjännite,  $\Delta Q$  on loistehon muutos,  $Q_n$  on mitoitusloisteho.

Loistehostatiikka toimii seuraavan kuvan 22.1 mukaisesti, jolloin voimalaitoksen loistehon tuotanto muuttuu jännitteen funktiona loistehostatiikkasuoran kulmakertoimen mukaan.

Kuvaan merkattu mitoitusloisteho  $Q_n$  saavutetaan statiikan arvoa vastaavalla jännitemuutoksella. Mikäli jännitemuutos on suurempi, tulee voimalaitoksen kasvattaa loistehon tuotantoaan todellisen kykynsä määrittelemään rajaan ( $Q_{min}$  ja  $Q_{max}$ ) asti. Loistehon tuotannon ohjelmallinen rajoittaminen mitoitusloistehoon ei ole sallittua, mikäli voimalaitoksella on kykyä tuottaa enemmän loistehoa eivätkä liittymispisteen verkon ominaisuudet sitä estä.



Kuva 21.1. Loistehostatiikka

Loistehostatiikka voidaan toteuttaa myös loisvirtastatiikkana. Tällöin säädön toiminnan tulee noudattaa tämän ohjeen periaatteita, huomioiden kuitenkin säädön periaatteellinen poikkeavuus.

### 21.3.1.1 Mitoitusloistehon ( $Q_n$ ) määritelmä

Mitoitusloisteho määritetään VJV-vaatimusten mukaisesti:

- Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa voimalaitoksen päämuuntajan yläjännitepuolella, mitoitusloisteho on  $Q_n = 0,33 \times P_n$  (*mitoituspätöteho*). Mitoitusjännite ( $U_n$ ) on tällöin säädettävän jännitetason normaali käyttöjännite (esim. 118 kV). Mitoitusloisteho määritellään näin myös tilanteessa, jossa voimalaitoksen liittymispiste ja jännitteensäädön referenssipiste on jakeluverkossa liittymispisteen verkonhaltijan päämuuntajan alajännitepuolella.
- Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa voimalaitoksen päämuuntajan alajännitepuolella, mitoitusloisteho on  $Q_n = 0,48 \times P_n$  (*mitoituspätöteho*). Mitoitusjännite ( $U_n$ ) on tällöin säädettävään jännitetasoon liittyvän generaattorin mitoitusjännite (esim. 10,5 kV).

### 21.3.2 Asetusarvo

#### 21.3.2.1 Jännitteensäädön referenssipiste päämuuntajan yläjännitepuolella

Jännitteensäädön referenssipisteen ollessa päämuuntajan yläjännitepuolella loistehostatiikan asetusarvon tulee olla välillä 4–8 %. Suositeltu asetusarvo on 4 %.

#### 21.3.2.2 Jännitteensäädön referenssipiste päämuuntajan alajännitepuolella

##### 21.3.2.2.1 Yksi generaattori

Kun päämuuntajan alle on kytkeytynyt yksi generaattori ja jännitteensäädön referenssipiste on päämuuntajan alajännitepuolella, tulee loistehostatiikan asetusarvon olla välillä 0–4 %. Suositeltu asetusarvo on 0 %.

Jos päämuuntajan oikosulkuimpedanssi  $u_k$  on suurempi kuin 12 %, tulee asetusarvon olla 0 %.

##### 21.3.2.2.2 Kaksi tai useampia generaattoreita

Kun päämuuntajan alle on kytkeytynyt kaksi tai useampia generaattoreita ja jännitteensäädön referenssipiste on päämuuntajan alajännitepuolella, tulee loistehostatiikan asetusarvon olla välillä 2–4 %. Suositeltu asetusarvo on 4 %.

Jos päämuuntajan oikosulkuimpedanssi  $u_k$  on suurempi kuin 12 %, tulee asetusarvon olla 2 %.

## 21.4 Laitosloistehonsäätö

Laitosloistehonsäätö sallitaan ainoastaan liittynöissä, joiden taakse on liittynyt kulutusta ja tuotantoa (esim. teollisuusintegraatti). Tällöin liittynän takaisen kulutuksen vuosienergian tulee olla vähintään 1/4 liittynän takaisen tuotannon vuosienergiasta, muutoin liittyntä katsotaan puhtaaksi voimalaitosliittynäksi.

Laitosloistehonsäädön tarkoituksena on kompensoida paikallisen kuormituksen kuluttama loisteho sekä pitää liittynän loistehon siirto liittymispisteessä sopimuksen mukaisissa rajoissa. Laitosloistehonsäätöön voidaan varata suurimmillaan puolet generaattorin käytettävissä olevasta loistehokapasiteetista.

Laitosloistehonsäätöä käytettäessä generaattorin jänniteensäätö tulee asetella tämän asiakirjan lukujen 21.2 ja 21.3 periaatteiden mukaisesti. Laitosloistehonsäätö ja generaattorin vakiojännitesäätö muodostavat kaskadisäädön. Laitosloistehonsäätö on ylempi säädin, joka antaa ohjearvoja generaattorin jänniteensäädölle tai jänniteensäädön ohjearvon summauspisteeseen. Generaattorin liitinjännitteen vakiojännitesäätö on siis aina aktiivinen, eikä sitä saa ohittaa tai estää laitosloistehonsäädön toimesta.

Laitosloistehonsäätö saa olla päällä ainoastaan silloin, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- Liittymispisteen jännite on 116–120 kV
- Laitosloistehonsäädöllä kompensoitava loisteho on alle 50 % generaattorin käytettävissä olevasta loistehokapasiteetista.
- Laitosloistehosäädön integrointiajan tulee olla hidas, niin että säätö hakee uuden toimintapisteen 15 minuutin kuluttua loistehomuutoksesta.

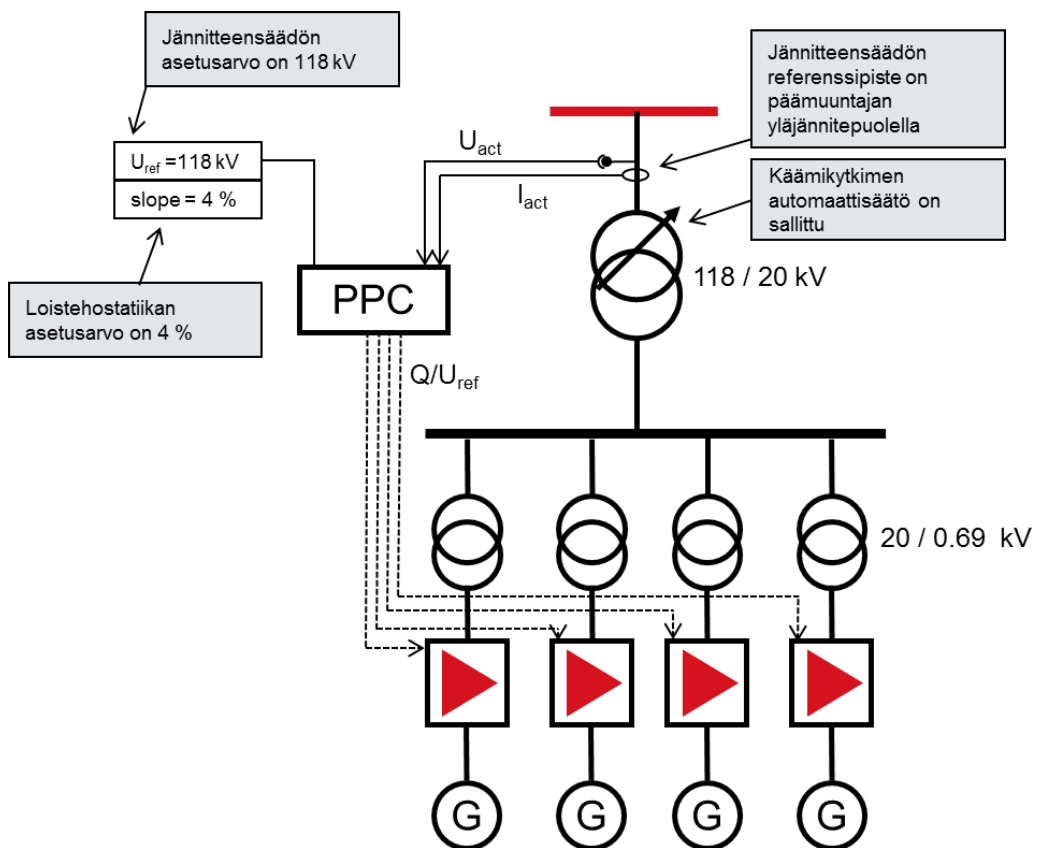
Mikäli tämän ohjeen periaatteista on tarve poiketa perustellusta syystä, tulee siitä sopia erikseen Fingridin kanssa. Laitosloistehonsäädön käytöstä tulee ilmoittaa Fingridille.

## 21.5 Esimerkkikuvat vaihtoehtoisista toteutuksista

Tähän lukuun on kuvattu periaatteelliset esimerkkikuvat tyypillisten toteutuksien mukaan.

### 21.5.1 Suuntaajajakytketty voimalaitos

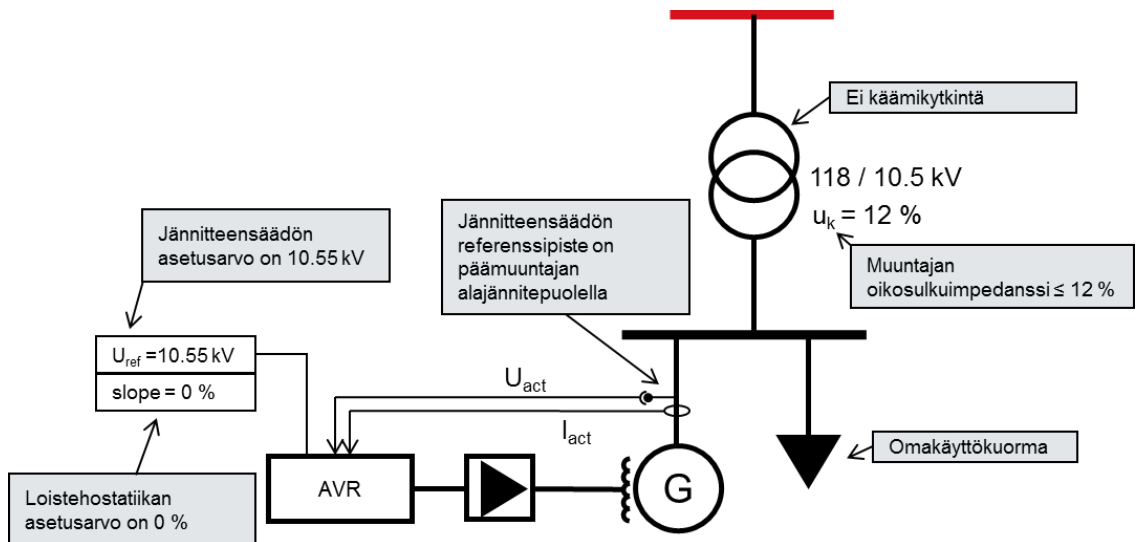
Kuvassa 21.2 on esitetty esimerkki jännitteensäädön toteutuksesta suuntaajajakytketyssä voimalaitoksessa.



**Kuva 21.2. Suuntaajajakytketyn voimalaitoksen jännitteensäädön periaatekaavio. PPC on laitostason keskussäätäjä, nk. puistosäätäjä, engl. power park controller.**

## 21.5.2 Tahtikonevoimalaitos – yksi generaattori

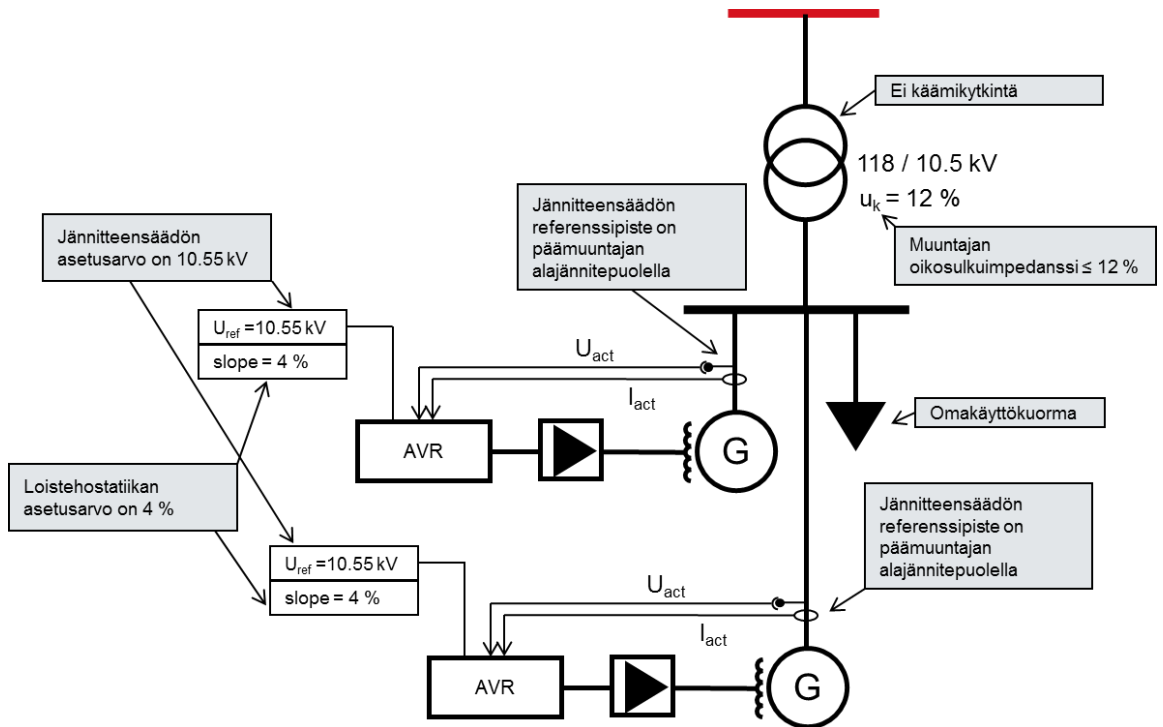
Kuvassa 21.3 on esitetty esimerkki jänniteensäädön toteutuksesta tahtikonevoimalaitoksessa, kun päämuuntajan alle on kytkeytynyt yksi generaattori.



**Kuva 21.3. Tahtikonevoimalaitoksen jänniteensäädön periaatekaavio - yksi generaattori. AVR on automaattinen jänniteensäätäjä, engl. automatic voltage controller.**

## 21.5.3 Tahtikonevoimalaitos – kaksi tai useampia generaattoreita

Kuvassa 21.4 on esitetty esimerkki jännitteensäädön toteutuksesta tahtikonevoimalaitoksessa, kun päämuuntajan alle on kytkeytynyt kaksi tai useampia generaattoreita.



**Kuva 21.4. Tahtikonevoimalaitoksen jännitteensäädön periaatekaavio - kaksi tai useampia generaattoreita.**



## 22 Liite B: Lisästabiloinnin viritysohje Suomen voimajärjestelmään liitettäville generaattoreille

### Sisällysluettelo

22.1	Johdanto .....	138
22.2	Taustatietoa lisästabiloinnista .....	138
22.3	Huomioitavat asiat.....	138
22.4	PSS tyypit .....	139
22.5	Lisästabiloinnin virittäminen .....	140
22.5.1	PSS laitteiston toimivuuden tarkastaminen .....	140
22.5.2	PSS:n ulostulon rajoitin .....	140
22.5.3	Suojaus ja hälytykset .....	140
22.5.4	Ohjaus .....	140
22.5.5	Washout-suodatin .....	140
22.5.6	Alipäästösuodatin.....	141
22.5.7	Vaihekompensoinnin virittäminen .....	141
22.5.8	Vahvistuksen määrittäminen .....	141
22.5.9	Käyttöönototestit .....	142
22.6	Esimerkki vaihekompensointisimuloinnista sekä Bode-diagrammeista.....	148

## 22.1 Johdanto

Tämä dokumentti on tarkoitettu kuvaamaan lisästabiloinnin (PSS) virittämisessä käytettäviä periaatteita. Dokumentti ei kuvaa yksityiskohtaisesti erilaisten laitteiden virittämistä. Ohjeen mukaisella virityisperiaatteella PSS parantaa vaimennusta voimalaitoksen ja voimajärjestelmän alueiden välisten heilahteluiden sekä paikallisen heilahtelumoodin osalta. Dokumentin tavoitteena on opastaa kokenutta jännitteensäädön ja PSS:n virittämisen ammattilaista luomaan viritystoimintatapa kullekin käyttöön otettavalle laitteistotyypille. Tämä ohje ei toimi sellaisenaan käyttöönotto-ohjeena, koska yksityiskohtainen suunnittelu ja lisästabiloinnin virittäminen on aina suunniteltava ja suoritettava projektikohtaisesti.

## 22.2 Taustatietoa lisästabiloinnista

Lisästabiloinnin (PSS) perustehtävä on parantaa järjestelmässä esiintyvien tehoheilahteluiden vaimennusta. Parempi vaimennus lisää käyttövarmuutta ja kasvattaa siirtokapasiteettia. Pohjoismaisessa synkronijärjestelmässä alueiden välisiä tehoheilahteluja esiintyy 0,2 ja 1,0 Hz:n välillä. Hallitseva heilahtelumoodi on noin 0,3–0,5 Hz.

PSS toimii tahtigeneraattorin magnetointilaitteiston jännitteensäädön yhteydessä. PSS moduloi jännitteensäädön ohjearvoa ja sen myötä generaattorin tuottamaa loistehoa, minkä seurauksena akselin vääntömomenttikulma muuttuu. Magnetoinnin ominaisuudet, kuten nopea vasteaika ja hyvä viritys, ovat kriittisiä PSS:n tehokkuudelle. PSS:n viritys tulee tehdä vasta, kun magnetointi on viritetty ja kalibroitu.

Uusissa magnetointilaitteistoissa PSS on tyypillisesti ohjelmisto, joka sisältyy digitaaliseen automaattiseen jännitteen säätäjään (AVR). AVR:n napajännite- ja virtamittauksia käytetään kiihdyttävän tehon ja synteettisen nopeuden (kiihdyttävän tehon integraalin) laskentaan.

PSS:n toiminta perustuu sisäänmenosignaalin vaihesiirtoon ja sen päämääränä on generaattorin ja magnetoinnin vaihesiirron kompensointi. Vaihekompensointi saavutetaan säätämällä PSS kompensoimaan generaattorin, magnetoinnin ja voimajärjestelmän aiheuttama viive siten, että PSS muuttaa vääntömomenttia samassa vaiheessa akselin nopeusmuutosten kanssa.

PSS:n hinta voi olla hyvin alhainen, jos se hankitaan magnetointilaitteiston hankinnan yhteydessä. Jotkin valmistajat toimittavat PSS:n ilman eri kustannusta AVR:n osana.

Voimalaitoshankkeen tai perusparannuksen hankintaan tulee sisällyttää PSS:n viritystyö ja todennettujen laskentamallien toimittaminen IEEE standardin 421.5 mallikirjaston mukaisesti.

## 22.3 Huomioitavat asiat

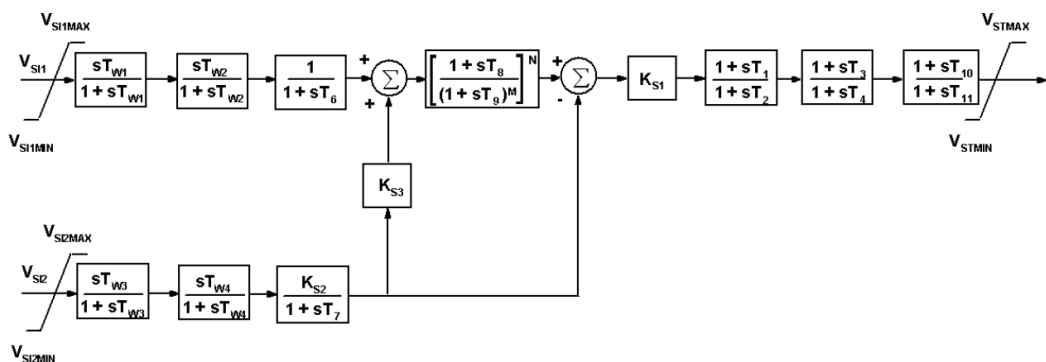
Lisästabilointi tulee virittää huolellisesti. Laittevahinkojen välttämiseksi lisästabiloinnin virittämisessä ja käyttöönotossa on huomioitava seuraavat asiat:

- PSS:iä on sekä analogisia että digitaalisia. Testausmenetelmät eivät tyypillisesti ole identtisiä molemmille tyypeille.
- PSS:n moduloima akselin vääntömomentin muutos voi herättää turbiini-generaattorin akselin värähtelyjä, jos akselin ominaisvärähtelytaajuuudet ovat alle 20 Hz. Näin voi tapahtua etenkin, kun nopeutta käytetään PSS:n sisäänmenosignaalina. Normaalisti käytetään akselivärähtelyjen suodatinta poistamaan akselin värähtelyt PSS:n sisäänmenosignaalista. Tyypillisesti PSS:n alipäästösuodatin (engl. ramp track filter) suodattaa PSS:n ulostulosta akselivärähtelyitä herättävät taajuuudet.
- PSS voi häiritä magnetoinnin transienttivastetta. Tämän takia ulostulorajoittimet kuuluvat normaalisti PSS järjestelmään.
- Ali- ja ylimagnetointirajoittimet voivat rajoittaa PSS:n toimintaa. Rajoittimet tulee virittää toimimaan koordinoitusti PSS:n kanssa.
- Sähkötehoa sisäänmenosignaalina käyttävän PSS:n vaste voi aiheuttaa generaattorin vasteeseen isoja loistehoheilahduksia nopeissa kuorman muutostilanteissa. Tyypin PSS2A ja PSS2B säätäjät voidaan virittää paremmin sietämään kuorman muutoksia.
- Virittäminen tulee tehdä käyttötilanteessa, jossa laitosmoodin vaimennus on pienintä. Lisäksi tulee todentaa, että PSS ei aiheuta epästabiiliutta normaalilla toiminta-alueella tai odotettavissa vikatilanteissa.

## 22.4 PSS tyypit

Lisästabiloiteja on suunniteltu erilaisilla sisäänmenosignaaleilla. Sisäänmenosignaali on yleensä roottorin nopeus, napajännitteen taajuus, sähköinen teho, kiihdyttävä teho tai useampi edellisistä.

Fingrid suosittelee käyttämään IEEE 421.5 standardin PSS2A, PSS2B tai PSS2C dual-input tyyppisiä lisästabiloiteja. PSS2B lisästabiloinnin lohkoakaavio on esitetty kuvassa 23.1.



**Kuva 22.1. PSS2B lisästabiloinnin lohkoakaaviokuva (standardista IEEE 421.5).**

## 22.5 Lisästabiloinnin virittäminen

Tässä luvussa on kuvattu lisästabiloinnin virittäminen pääpiirteittäin. Lisästabiloinnin virittäminen tapahtuu eri tavoin eri sisäänmenosignaaleja käyttäville PSS:lle ja yksityiskohtaisessa ohjeistuksessa voi olla eroja.

### 22.5.1 PSS laitteiston toimivuuden tarkastaminen

Lisästabilointipiirin perustoiminnallisuudet; kompensointiominaisuudet, rajoittimet ja suojaus tulee tarkistaa. Mahdollisten potentiometrien tulee toimia tasaisesti ja jatkuvalla säädöllä koko toiminta-alueella.

### 22.5.2 PSS:n ulostulon rajoitin

Ulostulorajat asetetaan siten, että PSS ei voi muuttaa generaattorin napajännitettä yli ennalta määritetyn arvon.

Ennen kuin PSS kytketään päälle ensimmäisen kerran tulee rajoittimet asettaa tiukasti; esim.  $\pm 2\%$  generaattorin napajännitteestä.

Lopullinen asettelu on tyypillisesti välillä  $\pm 5\% \dots 10\%$  generaattorin napajännitteestä. Rajat voidaan asettaa epäsymmetrisesti.

### 22.5.3 Suojaus ja hälytykset

PSS:n ulostulon suoja tulee koordinoida ulostulon rajoittimen kanssa. Järjestelmän tulee hälyttää, mikäli suojaus poistaa PSS:n käytöstä.

### 22.5.4 Ohjaus

Lisästabiloinnin tulee olla poiskytkettävissä paikallisesti säätäjistä sekä voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan ohjauspaikoilta, kuten voimalaitoksen valvomosta.

### 22.5.5 Washout-suodatin

Washout-suodattimella suodatetaan PSS:n sisäänmenosignaalista matalataajuiset komponentit. Washout-aikavakio vaikuttaa PSS:n vaihekompensointiin siten, että lyhyet washout-aikavakiot lisäävät vaihekompensointia taajuuspohjaisissa PSS:issä samalla kun vähentävät vahvistusta.

PSS2A ja PSS2B tyyppisissä lisästabiloinneissa suositellaan alle 10 sekunnin washout-aikavakiota, jotta matalataajuiset komponentit (alle 0,1 Hz) saadaan poistettua nopeasti PSS:n ulostulosta. Pienempi aikavakio vähentää PSS:n vaikutusta järjestelmän jännitteeseen pidempiaikaisessa taajuushäiriössä (esimerkiksi tuotannon tippuminen) erityisesti, jos PSS:llä on suuri vahvistus.

### 22.5.6 Alipäästösuodatin

Alipäästösuodattimella suodatetaan PSS:n sisäänmenosignaalista korkeataajuiset komponentit. Alipäästösuodatin tarvitaan, jotta PSS ei ala vahvistamaan oman tai läheisten generaattorien akselien värähtelytaajuuksia. Alipäästösuodatin varmistaa lisäksi sen, että PSS ei ala vahvistamaan suuntaajakytkettyjen voimalaitosten mahdollisesti synnyttämiä jänniteheilahteluita.

Alipäästösuodatin voidaan virittää esimerkiksi suodattamaan yli 3 Hz taajuuskomponentit.

### 22.5.7 Vaihekompensoinnin virittäminen

Vaihekompensointi viritetään seuraavien periaatteiden mukaan:

- Mitataan generaattorin ja magnetoinnin järjestelmävaste ilman PSS:ää pienellä generaattorin teholla. Taajuusvastekokeessa jännitteensäädön sisäänmenoon syötetään sinisignaali, jonka vaihesiirto mitataan. Taajuusvastekoe tehdään taajuusalueella 0,05-3,0 Hz vähintään kymmenellä eri taajuudella.
- Taajuusvastekokeen tulokset tulee tarkistaa simulointeja vasten ja virittää lisästabilointi kompensoimaan mitattu vaihesiirto.
- Viritetään PSS kompensoimaan vaihesiirto mahdollisimman lähelle 0 astetta alueiden välisillä heilahtelutaajuuksilla 0,3–1,0 Hz.
- Vaihesiirto tulee mieluummin alikompensoida kuin ylikompensoida, koska voimajärjestelmän heikentyessä generaattorin ja magnetoinnin vaihesiirto pienenee.
- Jos paikalliset stabilointitarpeet vaativat, että PSS viritys alueiden välisellä heilahtelutaajuudella antaa 0 asteesta eroavan vaihesiirron, koko PSS/AVR/generaattori-järjestelmän vaste ei saa silloinkaan ylittää 30 asteen vaihesiirtoa 0,2–2,0 Hz taajuusalueella.
- Vaihesiirron virittämisessä tulee tarkistaa, ettei matalataajuisien (alle 0,2 Hz) signaalien vahvistus ole suurempi kuin 0,2–2,0 Hz heilahteluiden vahvistus. Vaihesiirron virityksen ja matalataajuisien signaalien vahvistuksen suhteen on joissakin tapauksissa tehtävä kompromissi, jolloin vaihesiirron alikompensointi on haastavaa. Tällöin on kuitenkin huolehdittava, että vaihesiirto ei ylitä 30 astetta 0,2–2,0 Hz taajuusalueella.

### 22.5.8 Vahvistuksen määrittäminen

Mahdollisimman suurella käytännössä toimivalla vahvistuksella saavutetaan voimajärjestelmän kannalta paras vaimennus. Suositeltava ja luotettavin tapa selvittää suurin turvallinen vahvistus on testaus. Vahvistustesti tulee tehdä, kun järjestelmän kokonaisvahvistus on suurimmillaan, jolloin voidaan todeta vahvistusmarginaali. Testi tulisi siis tehdä täydellä teholla tai ainakin yli 80 % teholla.

Ennen kuin PSS:n vahvistusta lähdetään kasvattamaan, tulee PSS:n toiminnan olla stabiili ja lisästabiloinnin rajoittimien tulee olla päällä; esim.  $\pm 5\%$  generaattorin napajännitteestä.

Vahvistusta lisätään, kunnes PSS:n ulostulosignaali tai napajännite alkaa värähdellä. Napajännitteen värähtely aiheutuu PSS:n voimistamasta kohinasta tai magnetointilaitteiston moodin vahvistumisesta. Tämä maksimivahvistus merkitään ylös ja jaetaan kahdella tai kolmella, jolloin saavutetaan hyvä stabiili säätöpiiri.

PSS:n optimaalinen vahvistus ja PSS:n tehokkuus alueiden välisten heilahtelumoodien vaimentamiseen tulee tarkastaa simuloinein.

## 22.5.9 Käyttöönottotestit

### 22.5.9.1 Mitattavat suureet

Käyttöönottotesteissä tulee mitata ja tallentaa ainakin seuraavat suureet:

- Magnetointivirta
- Magnetointijännite
- Napajännite
- Loisteho
- Pätöteho
- Taajuus
- PSS ulostulosignaali
- Testisignaali (sinisignaali, joka syötetään jänniteensäädön sisäänmenoon vaihesiirron mittaamiseksi)

PSS virittämistä varten magnetointilaitteistoon jänniteensäätäjän sisäänmenoon tulee voida syöttää eritaajuisia siniaaltoja taajuusvasteen määrittämiseksi.

### 22.5.9.2 Esimerkki PSS:n virityksestä ja käyttöönottosuunnitelmasta

Tämä esimerkki kuvaa pääosin toimenpiteet, jotka tulee suorittaa digitaalisen lisästabilointipiirin käyttöönottamiseksi. Tyypillisesti lisästabilointi otetaan käyttöön voimalaitoksen käyttöönoton osana, jolloin lisästabilointipiirin käyttöönotto sulautetaan laitoksen käyttöönotto-ohjelmaan. PSS:n onnistunut viritys voi vaatia erityistestejä koneikon suureiden määrittämiseksi (esimerkiksi hitausaikavakio).

1. Jänniteensäädön ja lisästabilointipiirin laskennallinen esiviritys (simulointi).

Jänniteensäätö ja lisästabilointipiiri mallinnetaan ja viritetään standardimalleilla (IEEE421.5) käyttäen saatavilla olevia lähtötietoja. Mallilla suoritetaan vähintään seuraavat simuloinnit:

- askelvastekokeet muuttamalla generaattorijännitettä  $\pm 10$  % tyhjäkäynnissä
  - askelvasteet verkossa muuttamalla generaattorijännitettä  $\pm 2$  %, kun PSS on päällä ja pois päältä
  - magnetoinnin rajoittimien testaus
  - lähivikatarkastelu
  - piirretään seuraavat bode-diagrammit taajuusalueilla 0,05-10 Hz;
    - i. Mikäli generaattorin, magnetointijärjestelmän ja sähköverkon muodostaman kokonaisuuden (GEP) vaihesiirtoa ei olla mitattu ennakkoon, verrataan laskennallisesti määritettyä vaihesiirtoa lisästabilointipiirin luomaan vaihesiirtoon. Osoitetaan, että PSS on viritetty kompensoimaan kappaleen 22.5.7 vaatimuksen mukaisesti. Mikäli tarkastelu tehdään laskennallisesti määritettyä vaihesiirtoa vasten, tulee kuvaaja päivittää, kun vaihesiirtomittaus on suoritettu.
    - ii. Lisästabilointipiirin vahvistus. Osoitetaan, että PSS lohko ei vahvista matalataajuisia taajuuksia kappaleen 22.5.7 vaatimusten mukaisesti.
    - iii. Taajuusvaste AVR:n summauspisteestä ( $V_{inj}$ ) generaattorin pätötehoon ( $P_g$ ), kun generaattori toimii nimellistehollaan ja PSS on pois päältä ja päällä nimellisvahvistuksella. Osoitetaan lisästabilointipiirin vaimennus koko taajuusalueella.
  - edellä mainitut Bode-diagrammit päivitetään virityksen jälkeen ja toimitetaan osana loppuraporttia.
2. Jännitteensäädön askelvastekokeet (generaattori ei verkossa)
 

Jännitteensäädölle tehdään askelvastekokeet, kun generaattori ei ole verkossa ja käy tyhjäkäynnillä. Tehdään 2 % ja 10 % askelvasteet, ylös- ja alaspäin.
  3. Jännitteensäädön askelvastekokeet (generaattori verkossa minimiteholla)
 

Jännitteensäädölle tehdään askelvastekokeet, kun generaattori käy verkossa minimiteholla. Tehdään 1 % ja 2 % askelvasteet, ylös- ja alaspäin.
  4. Taajuusvasteen mittaaminen (generaattori verkossa minimiteholla)
 

Mitataan jännitteensäätöpiirin taajuusvaste, kun generaattori käy verkossa minimiteholla ja lisästabilointi ei ole päällä. Taajuusvastekokeessa jännitteensäädön sisäänmenoon syötetään sinisignaali, jonka vaihesiirto mitataan napajännitteestä. Taajuusvastekoe tehdään taajuusalueella 0,2–3,0 Hz esimerkiksi kymmenellä eri taajuudella (0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 [Hz]).

5. Yli- ja alimagnetointirajoittimien testaaminen (generaattori verkossa minimiteholla)

Testataan yli- ja alimagnetointirajoittimien toiminta. Ylimagnetointirajoittimen raja-arvoa lasketaan asetteluarvosta ja todennetaan, että rajoitin toimii jännitteensäädön askelvastetta rajoittaen. Alimagnetointirajoittimen raja-arvoa nostetaan asetteluarvosta ja todennetaan, että rajoitin toimii jännitteensäädön askelvastetta rajoittaen. Asetetaan rajoittimet takaisin suunnitteluarvoonsa tai muutetaan tarvittaessa. Koe toistetaan vähintään kerran generaattorin mitoitusteholla.

6. Lisästabilointipiirin viritys (simulointi)

Tarkastetaan ja viritetään jännitteensäädön simulointimalli askelvastekokeiden tuloksia vasten. Viritetään lisästabilointi kompensoimaan mitattu vaihesiirto, ks. luku 22.5.7.

7. Vahvistuksen määrittäminen (generaattori verkossa 50 % mitoitustehosta)

Vahvistus määritetään seuraavasti (ks. luku 22.5.8) :

- a) Ennen kuin PSS kytketään päälle ensimmäisen kerran, tulee lisästabiloinnin rajoittimet asettaa tiukasti; esim.  $\pm 2$  % generaattorin napajännitteestä. Tällä vältetään mahdollisen parametrintivirheen aiheuttama askelmainen jännitemuutos.
- b) Määritetään millä jänniteaskeleella generaattorin pätöteho saadaan heilahtamaan, jotta PSS:n virityksen toimivuutta on mahdollista arvioida. Joissakin tapauksissa jännitemuutoksen tulee olla suuri vaatien jopa 4...5 % askelta. Asetusarvon muutos tulee tehdä esimerkiksi 4 % askeleessa asetuservomutoksella 0,98–1,02 pu.
- c) Lisästabiloinnin vahvistus (Ks1) asetetaan arvoon 0 ja lisästabilointipiiri kytketään päälle ensimmäisen kerran ja tehdään askelvastekoe ylös- ja alaspäin.
- d) Lisästabiloinnin vahvistus (Ks1) asetetaan arvoon 1 ja seurataan PSS:n vaikutusta normaalissa ajossa noin 5 minuutin ajan kiinnittäen huomiota siihen, miten PSS reagoi generaattorin normaaliin nopeaan pätötehoheiluntaan. Tehdään 1 % askelvastekoe ylös- ja alaspäin. Jos jännitteensäädön vaste on stabiili, voidaan lisästabiloinnin rajoittimien asetteluarvot nostaa esim.  $\pm 5$  % generaattorin napajännitteestä. Tämän jälkeen tehdään suurempi askelvaste aina kohdassa 2 määritetyn suuruiseen askeleeseen saakka.
- e) Lähdetään kasvattamaan vahvistusta arvosta 0 ylöspäin pienin askelin (esim. 0; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 13; 14; 15). Jokaisen vahvistusmuutoksen jälkeen seurataan PSS:n ulostulosignaalia, generaattorin pätö- ja loistehoa sekä napajännitettä. Jokaisen vahvistusmuutoksen jälkeen tehdään askelvastekoe ylös- ja alaspäin. Kun havaitaan värähtelyä jatkuvassa tilassa tai askelvasteen jälkeen, ei vahvistusta tule enää kasvattaa.



- f) Vahvistus, jolla piirissä havaitaan ensimmäisen kerran värähtelyä, merkitään muistiin. Tämä maksimivahvistus jaetaan 2,5–3,0:lla, jolloin saavutetaan hyvä stabiili säätöpiiri. Näin saatu arvo on vahvistuksen nimellisarvo. Tarkka jakaja (2,5–3) määritetään sen perusteella, mikä on voimalaitoksen liittymispisteen oikosulkutehon normaalitilan suhde heikon verkon tilanteeseen ja sen vaikutus lisästabiloinnin toimintaan.
8. Kompensoidun taajuuden määrittäminen (generaattori verkossa 50 % mitoitustehosta)
- Useimmissa lisästabilointipiireissä generaattorin napajännitteen ja sisäisen lähdejännitteen välinen kulmaero kompensoidaan kompensointireaktanssilla ( $X_{comp}$  tai  $X_q$ ). Tyypillisesti tämän reaktanssin arvo on generaattorin pitkittäisen ja poikittaisen muutosreaktanssin välillä. Näin määritetyn kompensoidun taajuuden perusteella lisästabiloinnin vaihesiirto saadaan viritettyä kompensoimaan roottorin todellinen kulmanopeuden muutos. Jotta sopiva kompensointireaktanssi saadaan määritettyä, tulee askelvastekokeet toistaa vahvistuksen nimellisarvolla, testaten vaihtoehtoisia reaktanssiarvoja. Paras arvo valitaan saadun vasteen perusteella.
9. Vahvistuksen määrittäminen täydellä teholla (generaattori verkossa vähintään 80 % mitoitustehosta)
- a) Lisästabilointipiiri kytketään päälle ja lisästabiloinnin vahvistus ( $K_{s1}$ ) asetetaan arvoon 0. Tehdään 2 % askelvastekoe ylös- ja alaspäin. Tarvittaessa kasvatetaan askelta, jotta saadaan pätöteho heilahtamaan kuten 50 % teholla.
- b) Lisästabiloinnin vahvistus ( $K_{s1}$ ) asetetaan nimellisarvoon ja seurataan PSS:n vaikutusta generaattorin normaaliin nopeaan pätötehoheiluntaan noin 5 minuutin ajan.
- c) Lisästabiloinnin vahvistus ( $K_{s1}$ ) pidetään nimellisarvossa ja tehdään kohdassa 1 määritetty askelvastekoe ylös- ja alaspäin.
- d) Lisästabiloinnin vahvistus ( $K_{s1}$ ) asetetaan 2,0...2,5 -kertaiseen nimellisarvoon ja tehdään kohdassa 1 määritetty askelvastekoe ylös- ja alaspäin.
- e) Mikäli edellä mainitut askelvastekokeet tuottivat stabiilin vasteen, lisästabiloinnin vahvistus ( $K_{s1}$ ) asetetaan takaisin nimellisarvoon. Tämä on lopullinen asetteluarvo. Jos lisästabilointipiirin vaste on epästabiili tai värähtelevä tai selkeästi poikkeaa 50 % mitoitusteholla tehdyistä askelvasteista, tulee vahvistuksen määrittäminen tehdä uudestaan täydellä teholla kohdan 7 mukaan.
10. Yli- ja alimagnetointirajoittimien testaaminen täydellä teholla (generaattori verkossa vähintään 80 % mitoitustehosta)
- Testataan yli- ja alimagnetointirajoittimien toiminta. Ylimagnetointirajoittimen raja-arvoa lasketaan asetteluarvosta ja todennetaan, että rajoitin toimii jännitteensäädön askelvastetta rajoittaen. Alimagnetointirajoittimen raja-arvoa nostetaan asetteluarvosta ja todennetaan, että rajoitin toimii jännitteensäädön

askelvastetta rajoittaen. Asetetaan rajoittimet takaisin suunnitteluarvoonsa tai muutetaan tarvittaessa.

#### 11. Tehon nosto ja lasku

Pidetään PSS päällä ja säädetään turbiinin tehoa alas ja ylös voimalaitoksen normaalilla tehoajokäyrällä. Seurataan PSS:n ulostulosignaalia ja pätötehoa. Tarkastetaan PSS:n mahdolliset päälle- ja poiskytketymisrajat.

#### 12. PSS päälle- ja poisohjaukset

Kytetään paikallisesti PSS pois päältä ja takaisin päälle.

Kytetään valvomosta PSS pois päältä ja takaisin päälle.

#### 13. Jatkuva käyttö ja loppudokumentaatio

Onnistuneen virityksen jälkeen lisästabilointipiiri jätetään käyttöön. Parametrit tallennetaan ja nauhoitettujen tulosten pohjalta tehdään lisästabilointipiirin viritysraportti. Asetetut lopulliset parametrit, päivitetty mallinnustiedot, kokeiden numeeriset tulokset sekä viritysraportti toimitetaan liittymispisteen verkonhaltijalle ja Fingridille osana voimalaitoksen käyttöönottoraporttia.

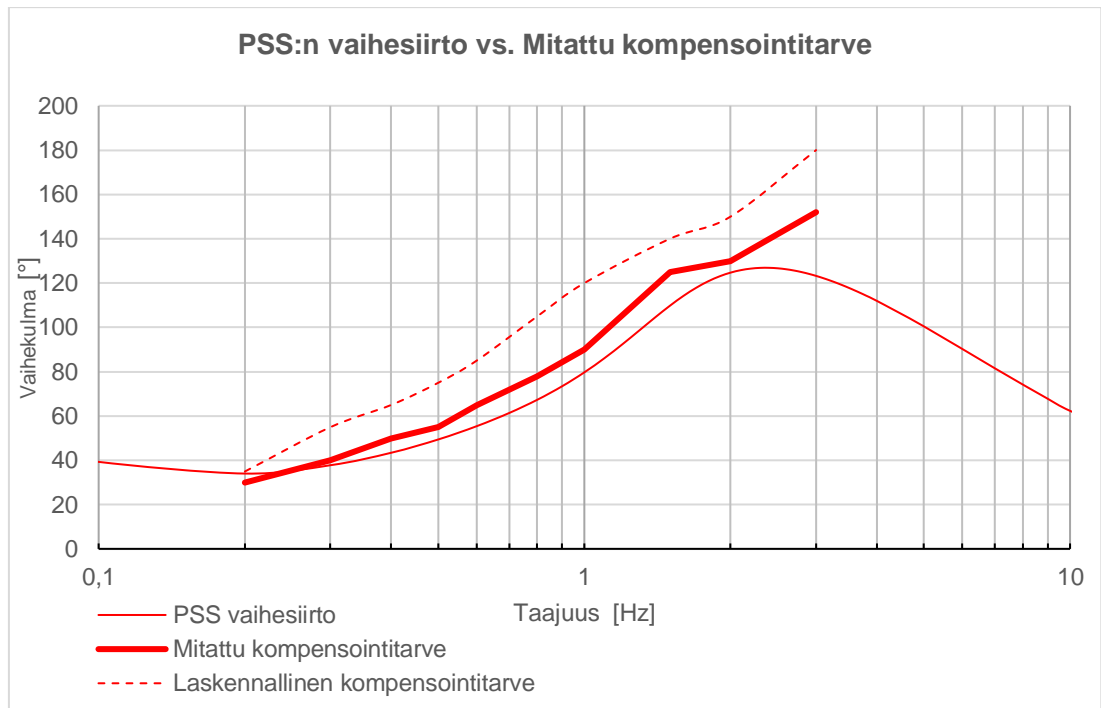
Viritysraportissa esitetään vähintään seuraavat tulokset käyttäen aikaskaalaa, joka esittää selkeästi oleelliset ilmiöt, kuten pätötehon heilahdusten vaimentumisen. Pätötehosta on kyettävä määrittämään esimerkiksi heilahduksen jaksonaika ja amplitudi. Esitettävät tulokset:

1. Taajuusvasteen mittaus minimiteholla (vaihesiirto taajuuden funktiona)
2. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa minimiteholla, kun PSS pois päältä
3. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 50 % pätöteholla, kun PSS pois päältä
4. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 50 % pätöteholla, kun PSS päällä ja vahvistus on 1,0 x nimellinen
5. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 50 % pätöteholla, kun PSS päällä ja maksimivahvistus (kohta 7).
6. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 50 % pätöteholla, kun PSS päällä ja nimellisvahvistus, mutta kompensointireaktanssia (mikäli käytössä) muutetaan eri arvoihin.
7. Normaali ajo verkossa 50 % pätöteholla kun PSS päällä ja nimellisvahvistus, aikaskaala noin 1 minuutti.
8. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 80–100 % pätöteholla, kun PSS pois päältä
9. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 80–100 % pätöteholla, kun PSS päällä ja vahvistus on nimellinen

10. Askelvaste (esim.  $\pm 2$  %) verkossa 80–100 % pätöteholla, kun PSS päällä ja vahvistus on 2,0–3 kertaa nimellinen
11. Normaali ajo verkossa 80–100 % pätöteholla, kun PSS päällä ja nimellishahvistus valittuna, aikaskaala noin 1 minuutti
12. Pätötehon alas- ja ylössäätö kun PSS on päällä ja nimellishahvistus valittuna
13. Rajoittimien aktivoituminen, kun PSS on päällä.
14. Luvun 22.5.9.2 kohdassa 1 mainitut Bode-diagrammit.

## 22.6 Esimerkki vaihekompensointisimuloinnista sekä Bode-diagrammeista

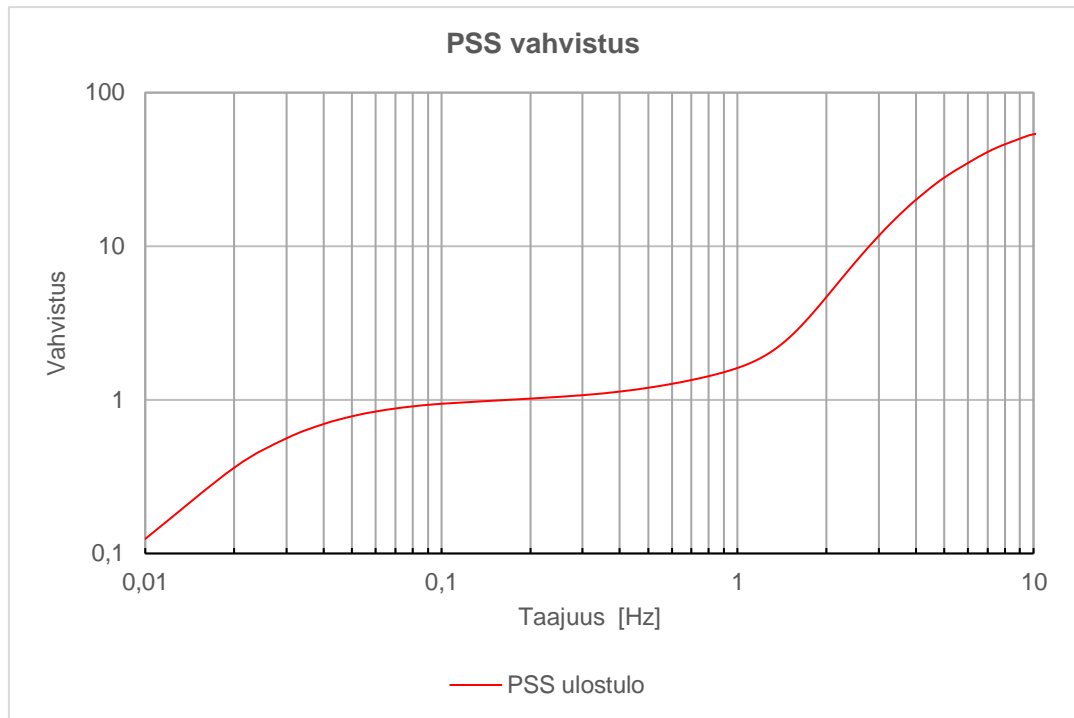
Alla olevassa kuvassa 22.2 on esitetty laskennallinen kompensointitarve, todelliseen mittaukseen perustuva kompensointitarve, sekä viritetty lisästabiloinnin vaihesiirto.



**Kuva 22.2. Laskentamallin kompensointitarve, mitattu kompensointitarve ja viritetty PSS:n vaihesiirto**

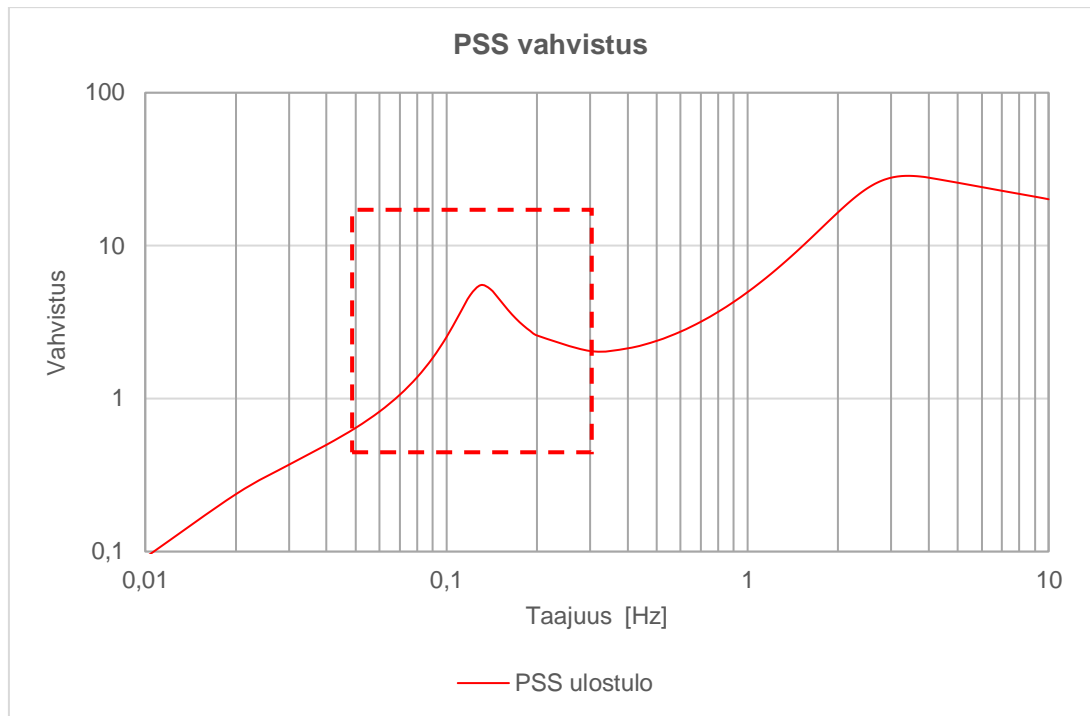
Kuvasta 22.2 huomataan, että mitatut ja laskentamallilla etukäteen lasketun kompensointitarpeen vaihesiirron välillä on huomattava ero. Tämän vuoksi taajuusvastemittaus on aina tehtävä, jotta voidaan varmistua lisästabiloinnin oikeasta virityksestä.

Kuvassa 22.3 on esitetty viitteellinen lisästabilointipiirin vahvistus, jossa vahvistus pysyy matalilla taajuuksilla ( $<0,2$  Hz) pienempänä kuin suuremmilla taajuuksilla.



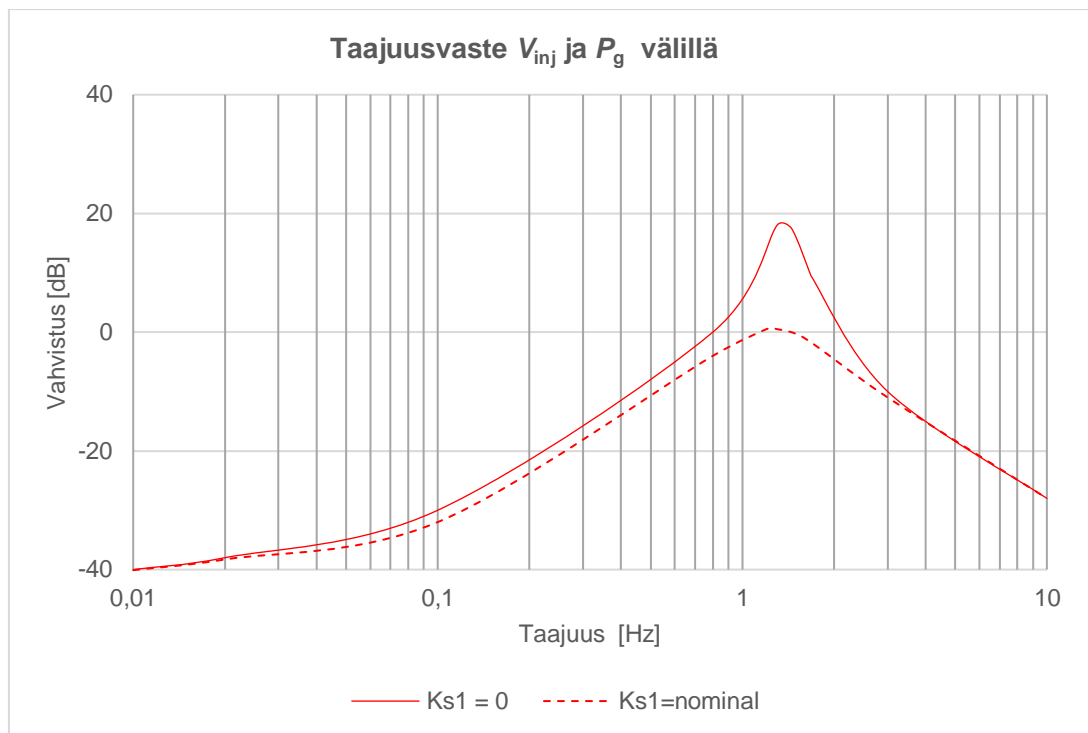
**Kuva 22.3. Lisästabiloinnin vahvistus laskentamallilla. Vahvistus on viitteellinen, mutta tuloksesta huomaa vahvistuksen olevan pienempi taajuuksilla  $f < 0,2$  Hz, kuin taajuuksilla  $f > 0,2$  Hz.**

Kuvassa 22.4 on esitetty puolestaan viritys, joka ei ole hyväksyttävä sillä PSS:n vahvistus kasvaa matalilla taajuuksilla ( $< 0,2$  Hz) liikaa, jolloin tietyt verkkoilmiöt voivat aiheuttaa PSS:n ulostulon kyllästymisen estäen sen oikean toiminnan halutulla taajuusalueella.



**Kuva 22.4. Lisästabiloinnin vahvistus laskentamallilla. Vahvistus on viitteellinen, mutta tuloksesta huomaa vahvistuksen olevan suurempi taajuuksilla  $f < 0,2$  Hz, kuin taajuuksilla  $f > 0,2$  Hz. Viritys voi olla ongelmallinen tietyissä verkkoilmiöissä.**

Kuvassa 22.5 on esitetty PSS:n taajuusvastetarkastelu lopullisen virityksen jälkeen. Kuvaajaan on piirretty taajuusvaste jännitteensäädön (AVR) summauspisteestä ( $V_{inj}$ ) generaattorin pätotehoon generaattorin ollessa nimellisteholla. Kuvaajaan on piirretty taajuusvasteet, kun PSS on nimellishahvistuksella ja kun PSS on pois päältä. Tarkastelu osoittaa lisästabilointipiirin vaimennuksen koko taajuusalueella sekä etenkin paikallisen moodin vaimennuksen.



**Kuva 22.5. Taajuusvaste jänniteensäädön (AVR) summauspisteestä ( $V_{inj}$ ) generaattorin pätötehoon ( $P_g$ ) generaattorin ollessa nimellisteholla.**