

Ohje / Järjestelmätekniisten vaatimusten soveltaminen hybridivoimalaitoksiin

17.10.2023



Sisällysluettelo

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1 | Johdanto | 4 |
| 1.1 | Vaatimusten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely | 4 |
| 1.2 | Muutokset olemassa oleviin laitoksiin | 5 |
| 2 | Hybridivoimalaitoksen mitoitusarvot | 5 |
| 2.1 | Mitoitusteho ja minimiteho | 5 |
| 2.2 | Loistehokapasiteetti | 6 |
| 2.3 | Lähivikakestoisuus | 9 |
| 2.4 | Jännitteensäätö | 9 |
| 2.5 | Suojaus ja vikavirransyöttö | 9 |
| 2.6 | Mittaukset ja etäohjattavuus | 10 |
| 2.7 | Muut tekniset vaatimukset | 11 |
| 3 | Hybridivoimalaitoksista toimitettavat tekniset tiedot ja simulointimallit | 11 |
| 3.1 | Toimitettavat tiedot | 11 |
| 3.2 | Mallinnusvaatimukset | 12 |
| 4 | Hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeet | 13 |
| 4.1 | Käyttöönotossa suoritettavat kokeet | 13 |
| 4.2 | Monitorointijakso | 15 |
| 5 | Viitteet | 16 |
| Liite 1 | Sovellusesimerkkejä hybridivoimalaitoksista | 17 |
| 1 | Esimerkki 1 | 17 |
| 2 | Esimerkki 2 | 19 |
| 3 | Esimerkki 3 | 21 |

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

17.10.2023

3 (22)

Muutoshistoria

| Päivämäärä | Versio | Muutos |
|------------|--------|--------------------|
| 17.10.2023 | 1.0 | Ensimmäinen versio |

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

1 Johdanto

Tässä ohjeessa kuvataan järjestelmäteknisissä vaatimuksissa VJV2018 /1/ ja SJV2019 /2/ annettujen vaatimusten soveltaminen hybridivoimalaitoksiin.

Hybridivoimalaitoksella tarkoitetaan voimalaitosta, jossa saman liittymispisteen taakse on liitetty erityyppisiä laitososioita, kuten eri primäärienergianlähteeseen (aurinko, tuuli, vesi) perustuvia voimalaitoksia tai sähkövarastoja, joiden pätötehoa tai loistehoa ohjaa yhteinen säätäjä.

Yhteiseksi säätäjäksi määritellään säätäjä, jonka tekee laitososioiden toiminnan riippuvaiseksi toisistaan. Yhteiseksi säätäjäksi ei katsota

- hybridivoimalaitoksen laitososioille yhteisen päämuuntajan käämikytkimen ohjausta
- hidasta ylemmän tason laitosloistehonsäätöä (ks. VJV2018 / liite B, kohta 22.4), joka sallitaan ainoastaan sekä tuotantoa että kulutusta sisältäville liittymille

Mikäli laitososiot toimivat toisistaan riippumatta omien säätäjiensä ohjaamina, laitososiot katsotaan itsenäisiksi voimalaitoksiksi. Itsenäisiä voimalaitoksia ovat esimerkiksi perinteisten vesivoimalaitosten tuotantoyksiköt, joiden turbiinilla on omat vesitiet ja generaattorinsa liitinjännitteeseen perustuva jännitteensäätö.

Laitososioiden keskinäinen fyysinen sijainti ei ole hybridivoimalaitoksen määritelmän kannalta merkityksellinen.

Tätä ohjetta sovelletaan ainoastaan hybridivoimalaitoksiin.

1.1 Vaatimusten todentamisprosessi ja käyttöönottoilmoitusmenettely

Hybridivoimalaitoksiin sovelletaan VJV2018:n mukaista todentamisprosessia ja käyttöönottoilmoitusmenettelyä.

Mikäli hybridivoimalaitoshanke rakennetaan vaiheittain, tulee liittymän sopia Liittymispisteen verkonhaltijan ja Fingridin kanssa VJV-todentamisprosessin vaiheistamisesta ja käyttöönottoilmoitusmenettelystä huomioiden VJV:ssä annetut aikarajat mm. väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen (ION) voimassaololle. Lähtökohtaisesti jokainen laitososio tulee saattaa valmiiksi viipymättä, eikä sen todentamisprosessia tule tarpeettomasti pitkittää. Fingridillä tulee olla rakentamisvaiheiden välillä käytettävissään ajantasaiset tekniset tiedot ja mallinustiedot, jotka kuvaavat luotettavasti laitoksen toimintaa.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

1.2 Muutokset olemassa oleviin laitoksiin

Olemassa olevan voimalaitoksen muuttaminen hybridivoimalaitokseksi edellyttää VJV2018:n mukaisen VJV-prosessin käynnistämistä, jossa tarkastellaan tarvittavin osin uudelleen yksittäisten laitososioiden sekä laitokokonaisuuden vaatimustenmukaisuus. Lähtökohtana hybridivoimalaitoksen suunnittelulle on kaikkien laitososioiden yhdenmukainen toiminta nykyisten VJV2018:n vaatimusten mukaisesti.

Laitosmuutokseen sovelletaan lähtökohtaisesti voimassa olevia järjestelmäteknisiä vaatimuksia. Mikäli olemassa oleva laitososio on suunniteltu täyttämään VJV2018:a edeltävät järjestelmätekniset vaatimukset, tulee Liittyjän arvioida ko. laitososion kyvykyys täyttää VJV2018:n vaatimukset ja pyrkiä mukauttamaan sen toiminta niiden mukaiseksi. Mikäli olemassa olevaan laitososioon tarvittavien muutosten laajuus on teknis-taloudellisesti merkittävä Liittyjä voi pyytää Fingridiä rajaamaan muutoslaajuutta. Fingrid tekee päätöksen muutoslaajuuden rajaamisesta tapauskohtaisesti sillä edellytyksellä, että muutokset eivät rajoita uusien laitososioiden vaatimustenmukaisuuden toteutumista.

2 Hybridivoimalaitoksen mitoitusarvot

2.1 Mitoitusteho ja minimiteho

Hybridivoimalaitoksen tyyppiluokka (A–D) ja siitä seuraavat tekniset vaatimukset määräytyvät hybridivoimalaitoksen mitoitustehon ja liittymispisteen jännitetason perusteella VJV2018:n ja SJV2019:n esittämän luokittelun mukaisesti. Esimerkiksi D-tyypin hybridivoimalaitokseksi määritellään kokonaisuus, jonka mitoitusteho on vähintään 30 MW tai liittymisteen jännitetaso on vähintään 110 kV.

Hybridivoimalaitoksen mitoitusteho (P_{max}) on liittymispisteestä mitattava suurin tuotantotilassa esiintyvä pätöteho, joka on määritetty liittymissopimuksessa tai muuten määritetty liittymispisteen verkonhaltijan ja Liittyjän kesken. Hybridivoimalaitoksen mitoitustehon tulee olla vähintään suurimman laitososion ohjelmallisesti rajoittamattoman pätötehon suuruinen. Hybridivoimalaitoksen mitoitusteho voi olla korkeintaan laitososiokohtaisten mitoitustehojen ($P_{max\ 1} \dots P_{max\ n}$) yhteenlasketun pätötehon suuruinen. Hybridivoimalaitoksen mitoitustehosta ja yksittäisten laitososioiden mitoitustehoista tulee aina sopia liittymispisteen verkonhaltijan kanssa, eikä sovittuja tehoja saa ylittää.

Hybridivoimalaitoksen minimiteho (P_{min}) määräytyy hybridivoimalaitoksen suurimman laitososion perusteella ja se saa olla VJV2018 / 16.3.2.1 mukaisesti korkeintaan 10 % mitoituspätötehosta. Mikäli laitososiot ovat yhtä suuria, määritellään hybridivoimalaitoksen minimiteho korkeimman minimitehon omaavan laitososion mukaan. Lisäksi kullekin laitososiolle on määriteltävä oma minimitehonsa ($P_{min\ 1} \dots P_{min\ n}$), joka määräytyy niiden todellisen teknisen suorituskyvyn perusteella. Sähkövarastoille ei ole määritelty minimitehoa.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

Yleisten liittymisehtojen YLE2021 mukaisesti Fingridin verkon 110 kV:n ja 400 kV:n kytkinlaitosliittymissä sekä Fingridin voimajohtoon tehtävissä 110 kV:n johdonvarsiliittymissä hybridivoimalaitoksen mitoitustehoa P_{\max} voidaan rajoittaa ohjelmallisesti, eikä se määräydy laitososioiden mitoitustehojen summan perusteella. Hybridivoimalaitoksen suurin askelmainen tehomuutos voimalaitoksen liittymässä ei saa YLE2021:n mukaisesti ylittää 1300 MW:n tehoa.

2.2 Loistehokapasiteetti

Hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimus määritellään sen tyyppiluokan perusteella ja vaatimus 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.

Tyypin C ja D hybridivoimalaitosten loistehokapasiteettivaatimus on VJV2018 / 12.2.2 ja 17.2.1 mukainen (Kuva 1). Mikäli hybridivoimalaitokseen kuuluu tyypin C tai D sähkövarasto, on loistehokapasiteettivaatimus voimassa kyseiseltä laitososiolta vaadittavan loistehokapasiteetin osalta myös kulutustilassa (Kuva 2). Laitososion koon ollessa alle 10% päämuuntajan nimellistehosta liittymispisteen verkonhaltija määrittelee laitososiokohtaisen loistehokapasiteettivaatimuksen tapauskohtaisesti.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

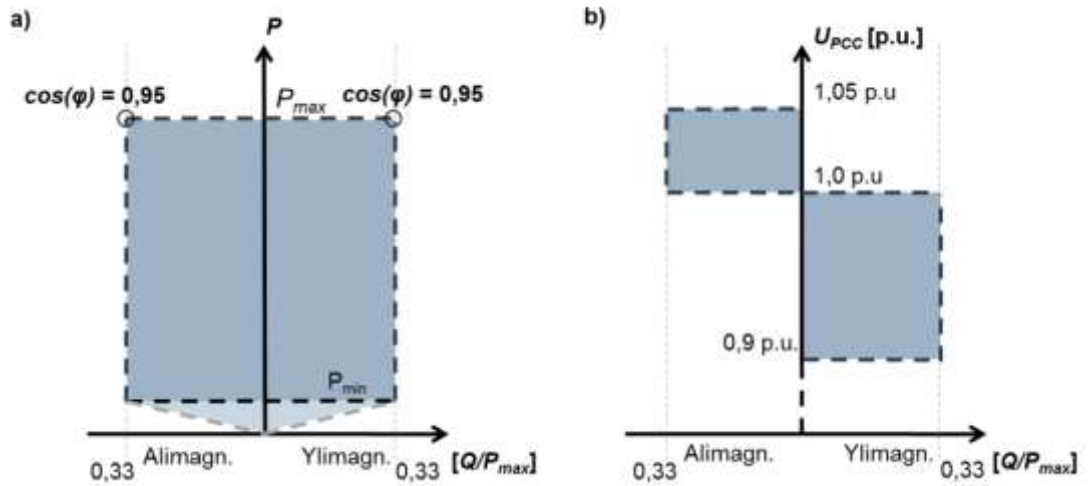
Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

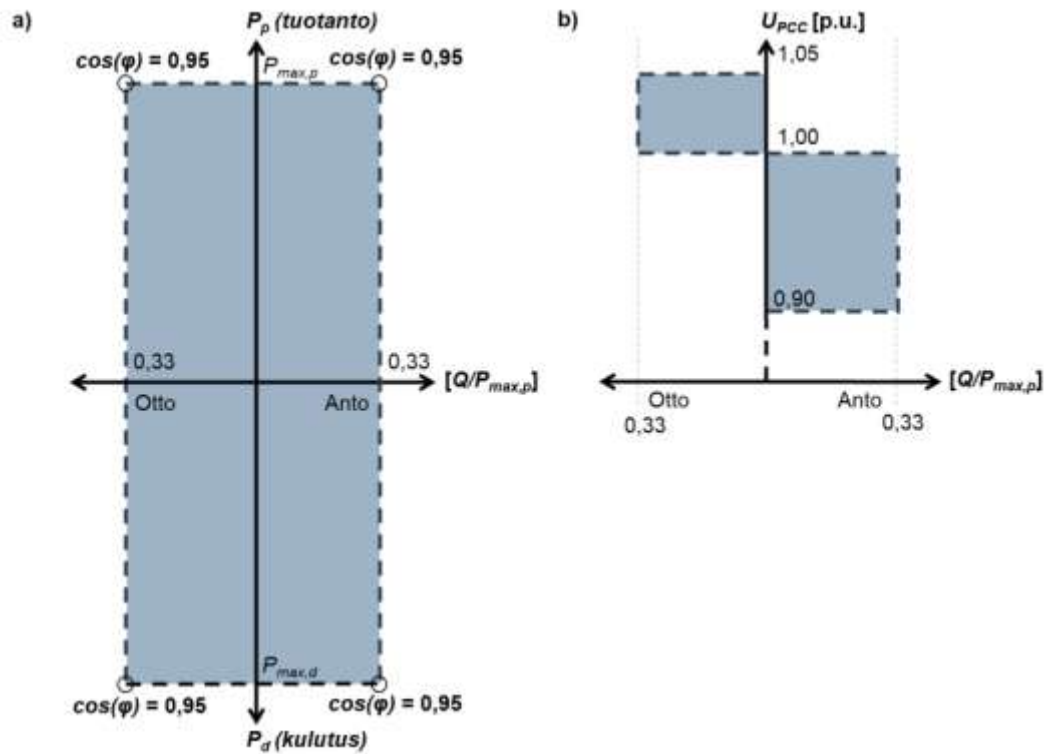
Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

Kuva 1. VJV2018 loistehokapasiteettivaatimus C- ja D-tyyppin voimalaitokselle.



Kuva 2. SJV2019 loistehokapasiteettivaatimus C- ja D-tyyppin sähkövarastolle.



VJV2018:n ja SJV2019:n mukaisesti hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimus tulee täyttää voimalaitoksen liittymispisteessä. Fingridin aiempaa tulkintaa mukaillen, ks. /3/ luku 2, hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen määrittelypisteenä voidaan varsinaisen liittymispisteen sijasta käyttää myös laitoksen päämuuntajan yläjännitepuolen napoja (tai usealle päämuuntajalle yhteistä kiskoa), jolloin laskennallisena hybridivoimalaitoksen mitoituskehona käytetään tähän pisteeseen määriteltyä suurinta pätötehoa. Mahdollista liittymisverkkoa ja sen häviöitä ei päämuuntajan ja liittymispisteen välillä huomioida hybridivoimalaitoksen mitoituskehossa ja loistehokapasiteetin määrittämisessä. Tapauksissa, joissa voimalaitoksen liittymisjohto on erittäin pitkä, saatetaan kuitenkin edellyttää lisäloistehokapasiteettia (VJV2018 / 17.2.2), josta sovitaan liittymispisteen verkonhaltijan kanssa erikseen.

Hybridivoimalaitoksen ja itsenäisesti toimivien laitososioiden loistehokapasiteettivaatimus voidaan täyttää hyödyntämällä jännitesäätöön osallistuvien laitososioiden loistehokapasiteettien yhdistelmää. Jännitesäätöön osallistuvien laitososioiden loistehokapasiteettia ei saa tarpeettomasti rajoittaa ohjelmallisesti. Mitoituksessa tulee huomioida laitososioiden toiminnalliset rajoitteet mm.

- minimitiho (esim. loistehon tuotantokyky nollapätöteholla)
- rajoittavat komponentit (esim. yhteisen päämuuntajan kapasiteetti)
- operatiiviset rajoitteet (esim. ajallinen saatavuus).

Loistehokapasiteetin tulee olla ensisijaisesti dynaamista eli nopeasti ja portaattomasti säätyvää suuntaajilla toteutettua loistehokapasiteettia, jollaiseksi ei lueta kytkettävää lisäkompensointia, kuten mekaanisesti kytkettäviä kondensaattoreita. Mikäli hybridivoimalaitoksen tuotantovalmiudessa (kytkettyneenä) olevien laitososioiden yhteenlaskettu ohjelmallisesti rajoittamaton dynaaminen loistehokapasiteetti ei riitä täyttämään mitoituskehon perusteella määritettyä loistehokapasiteettivaatimusta, voidaan siitä korkeintaan 15 % kattaa kytkettävällä lisäkompensoinnilla. Hybridivoimalaitoksen tulee kuitenkin kyetä täyttämään vaadittu loistehokapasiteettivaatimus kokonaisuudessaan ilman kytkettävää lisäkompensointia, kun voimalaitoksen pätötehon tuotanto on alle 85 % mitoituskehosta (P_{max}). Tarkempia ohjeita lisäkompensoinnin käytöstä ja mitoituksesta on annettu ohjeessa /3/.

Mikäli hybridivoimalaitos ei kykene esimerkiksi yksittäisen laitososion teknisestä viasta johtuen täyttämään jollain ajanhetkellä toimintatilansa mukaisen mitoituskehonsa mukaista loistehokapasiteettivaatimusta, tulee voimalaitoksen pätötehoa rajoittaa senhetkistä loistehokapasiteettia vastaavalle tasolle (C- ja D-tyypin laitoissa $P_{max} \leq [Q_{max}/0,33]$ jännite-ehdot huomioiden).

Mikäli hybridivoimalaitoksella on erittäin suuri loistehokapasiteetti, saatetaan sitä joutua Fingridin pyynnöstä rajoittamaan ohjelmallisesti. Tällöinkin loistehokapasiteettivaatimus on VJV/SJV-vaatimusten mukainen.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

2.3 Lähivikakestoisuus

Hybridivoimalaitoksen lähivikakestoisuusvaatimus määritellään sen tyyppiluokan perusteella hybridivoimalaitoksen liittymispisteessä.

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

2.4 Jännitteensäätö

Kaikkien yli 10 MW:n tai vähintään 110 kV:n jännitetasoon liittyvien eli C ja D-tyyppin voimalaitosten ensisijainen säätötapa on /4/ mukaan vakiojännitesäätö. Tämä koskee myös hybridivoimalaitoksia. Mikäli hybridivoimalaitos koostuu useasta alle 10 MW:n laitososioista, mutta hybridivoimalaitoksen mitoitusteho ylittää 10 MW tai sen liittymispisteen jännite on vähintään 110 kV, tulee sen toimia jatkuvassa jännitteensäädössä.

Kaikkien C- ja D-tyyppin hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämiseen osallistuvien laitososioiden tulee toimia jatkuvassa jännitteensäädössä. Jännitesäädön statiikan määrittelyssä käytettävä mitoitustoisteho Q_n , (VJV2018 luku 22.3.1) määritellään hybridivoimalaitoksen mitoitustehon perusteella ($Q_n=0,33 \times P_{\max}$). Laitososioiden toimiessa itsenäisesti mitoitustoisteho määritellään laitososion mitoitustehon perusteella ($Q_{n1}=0,33 \times P_{\max1}$ jne.)

Hybridivoimalaitoksen laitostason jännitteensäädön säätöpiste (referenssipiste) on lähtökohtaisesti voimalaitoksen päämuuntajan yläjänniteliittimissä, tyyppillisesti voimalaitoksen 110 kV:n kiskossa. Jännitteensäätö voidaan toteuttaa myös laitososiokohtaisesti (laitososiot säätävät samaa kiskojännitettä samalla jännitestatiikan asettelulla) huomioiden kuitenkin kyvykkyys hallita kokonaisloistehoa liittymispisteessä. Näin vältetään laitostason yhteisten komponenttien, kuten päämuuntajan, ylikuormittamista.

Laitososiokohtaiset alemmat tason säädöt tulee koordinoita keskenään sekä ylemmän laitostason säädön kanssa niin, että jännitesäätö toimii stabiilisti sekä normaalissa käyttötilanteessa että häiriöissä ja haitallisia vuorovaikutusilmiöitä ei synny.

2.5 Suojaus ja vikavirransyöttö

Hybridivoimalaitoksen mitoitustehoa suuremman pätötehon syöttäminen sähköverkkoon on kielletty. Ainoastaan lyhytaikainen ja vaimeneva mitoitustehon ylittävä tehon heilunta sallitaan sen aiheutuessa voimalaitoksen dynaamisesta vasteesta voimajärjestelmän muutosilmiöihin. Mikäli hybridivoimalaitoksen laitososioista samanaikaisesti saatavilla oleva, säätäjillä rajoittamaton pätöteho voi ylittää hybridivoimalaitoksen mitoitustehon,

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

hybridivoimalaitos pitää varustaa suojalaitteella, joka varmistaa, että hybridivoimalaitoksen mitoitustehoa ei ylitetä. Suojalaitteen tulee mitata voimalaitoksen pätötehoa ja irrottaa voimalaitos tai yksittäinen laitososio, mikäli teho ylittää $105\% \times P_{\max}$ 20 sekunnin ajan. Suojalaitteen mittaamana pätötehona voidaan käyttää voimalaitoksen päämuuntajien yläjänniteliittimistä mitattua summatehoa mikäli mittausta varsinaisesta liittymispisteestä ei ole saatavilla. Suojaustoiminto voidaan toteuttaa osana olemassa olevan suojausalueen toiminnallisuutta (erillinen suojausfunktio).

Johdonvarsiliitynnöissä Fingridin 110 kV:n voimajohtoon tulee huomioida laitososioiden vikavirransyöttö, joka tulee rajoittaa YLE2021 / 2.5 mukaisesti hybridivoimalaitoksen mitoitustehon perusteella määritettyyn 1,2-kertaiseen nimellisvirtaan (300 ms vian alkamisesta). Vikavirransyötössä tulee huomioida kussakin käyttötilanteessa kytkeytyneenä olevien suuntaajien määrä.

Kytkinlaitosliitynnöissä Fingridin sähköasemalle laitososioiden vikavirransyöttöä ei saa rajoittaa, ellei tästä ole Fingridin kanssa erikseen sovittu.

2.6 Mittaukset ja etäohjattavuus

Hybridivoimalaitokselta tulee toimittaa seuraavat reaaliaikaiset mittaustiedot:

- pätö- ja loistehomittaukset laitososiokohtaisesti sekä koko laitoksen summatehot
- kytkinlaitetiedot, joiden laajuus määritellään tapauskohtaisesti laitoksen pääkaavion perusteella. Lähtökohtaisesti toimitetaan voimalaitoksen sähköasemalta verkkoon päin olevan (suurjännite)katkaisijan, erottimen ja maadoituskytkimen tilatiedot sekä laitososiokohtaisten pääkatkaisijoiden tilatiedot.
- jännitetieto siitä kiskosta, jonka mukaan laitos säätää jännitettä toimiessaan vakiojännitesäädöllä. Koskee tyyppiä C ja D.
- tieto voimalaitoksen laitostason säätötilasta (jännitteensäätö / loistehosäätö / tehokerroinsäätö). Koskee tyyppiä C ja D.

C- ja D-tyypin hybridivoimalaitoksen tulee lisäksi kyetä vastaanottamaan Fingridin sähköisenä ohjauksena antama enimmäistehomääräys sekä kuittaus tiedon vastaanotosta ja määräyksen toteutuksesta. Sähköinen ohjaus toteutetaan Fingridin ja hybridivoimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan käytönvalvontajärjestelmien välille.

Tarkemmat vaatimukset reaaliaikatiedonvaihdosta on annettu Fingridin julkaisemassa reaaliaikaisen tiedonvaihdon sovellusohjeessa /6/.

Hybridivoimalaitoksen kaikkien laitososioiden tulee olla aina ohjattavissa VJV2018/10.4.1 mukaisesti 15 minuutin vasteajalla. Laitosten operoinnin perustuessa kaukokäyttöön (etäohjaukseen) Liittyjän valtuuttamasta, voimalaitoksen käytöstä vastaavan toimijan valvomosta, tulee etäohjauksen toimintakyky varmistaa jo käyttöönottovaiheessa heti laitososioiden aloittaessa tehonsyötön liittymispisteeseensä.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

Fingrid suosittelee hybridivoimalaitoksen varustamista jatkuvatoimisella tallenninjärjestelmällä, jonka mittauksiin voimalaitoksen käytöstä vastaavalla toimijalla on viiveetön pääsy. Tallenninjärjestelmän tulisi mitata korkealla näytteenottotaajuudella (> 5 kHz) liittymispisteen virtoja ja jännitteitä ja sillä on suositeltavaa olla vähintään 30 vuorokauden muistikapasiteetti. Tallenninjärjestelmän tarkoituksena on mahdollistaa hybridivoimalaitoksen toiminnan analysointi normaalissa käyttötilanteessa sekä sähköjärjestelmän häiriö- ja muutostilanteissa.

2.7 Muut tekniset vaatimukset

Mikäli jonkin suuntaajakytketyn laitososion säätö perustuu nk. verkkoa luoviin (Grid Forming, GFM) toiminnallisuuksiin, sovitaan laitteiston teknisistä toimintaperiaatteista tapauskohtaisesti Fingridin kanssa. Tällaisen laitososion jännitteensäädön toiminta pitää koordinoita huolellisesti muiden, tyypillisesti verkkoa seuraavassa (Grid Following, GFL) säätötilassa toimivien suuntaajakäyttöisten laitososioiden kanssa huomioiden säätäjien vuorovaikutusilmiöt ja toisaalta laitostason säädöt. Suunnittelussa huomioitavia asioita ovat mm.:

- vikavirransyöttö ja palautuminen viasta
- jännitteensäädön ja pätötehosäädön toteutus. Laitostason säädöt eivät saa rajoittaa merkittävästi GFM-ohjauksen nopeaa vastetta verkon muutosilmiöihin.
- Asennettaessa GFM-ohjaukseen perustuvia laitteistoja 110 kV:n johdonvarsiliityntöihin tulee lisäksi estää tahattomat saarekekäyttötilanteet toteuttamalla hybridivoimalaitokselle eroonkytkennän viestiyhteys mikäli johdolla ei ole käytössä suojauksen viestiyhteyttä.
- omakäytölle siirtyminen, tahdistuminen verkkoon ja mahdollinen blackstart-kyvykkyys.

3 Hybridivoimalaitoksista toimitettavat tekniset tiedot ja simulointimallit

3.1 Toimitettavat tiedot

VJV2018 (SJV2019) tyyppiluokkaan C ja D kuuluvista hybridivoimalaitoksista tulee toimittaa VJV:n, tarvittaessa SJV:n sekä Fingridin voimassa olevan mallinnusohjeen /5/ mukainen PSS/E-simulointimalli ja mallidokumentaatio, laitosdokumentaatio, laskelmat (jännitteensäädön suorituskyky-, loistehokapasiteetti- ja jännitehäiriölaskelma) sekä hankkeelle mahdollisesti asetettujen erityistarkasteluvaatimusten (VJV2018 / luku 5) arvioinnin perusteella vaadittu aineisto. D-tyypin hybridivoimalaitoksesta tulee lisäksi toimittaa PSCAD-simulointimalli ja mallidokumentaatio.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

17.10.2023

12 (22)

Laitosdokumentaatioon tulee sisällyttää yksityiskohtainen järjestelmäkuvaus, jossa kuvataan yksityiskohtaisesti hybridivoimalaitoksen käyttöperiaatteet, kuten

- laitososioiden ajotavat; pätötehonsyötön rajoitteet ja niiden tekninen tausta, tuotantomuotojen keskinäinen priorisointi, arvio kunkin laitososion vuosituotannosta (teho, energia ja niiden ajallinen jakautuminen vuoden tunneille)
- loistehokapasiteetin toteutus huomioiden laitososioiden hetkellinen saatavuus (voidaan esittää osana loistehokapasiteetilaskelmaa)
- ovatko suuntaajat aina verkossa pätötehon tuotantovalmiudesta riippumatta (esim. tuuliturbiinien suuntaajien STATCOM-ominaisuus, sähkövaraston suuntaajien "Night mode" toimittaessa ilman akustoa, aurinkovoimalaitoksen suuntaajien toimintatila talvella)

Mainittu aineisto tulee toimittaa liittymispisteen verkonhaltijalle tarkastettavaksi vähintään 6 kk ennen voimalaitoksen käyttöönottoa, jolloin laitoksen on suunniteltu aloittavan tehon syöttö verkkoon.

3.2 Mallinnusvaatimukset

Fingridillä tulee olla käytettävissään vaatimusten mukaiset, laitoksen todellista toimintaa riittävän tarkasti kuvaavat simulointimallit voimalaitoksen aloittaessa sähkön syöttö verkkoon. Hybridivoimalaitoksesta toimitettavien simulointimallien tulee sisältää kaikki laitososiot sekä niiden ohjaamiseen käytettävät laitteet, kuten keskussäätäjä. Mikäli toimitettava malli koostuu useista erillisistä malleista, Liittyjä vastaa näiden toiminnallisesta yhteensovittamisesta.

Liittyjän on tärkeää huomioida aikataulusuunnittelussaan, että mallien tarkastus ja korjaaminen on iteratiivinen prosessi, johon kuluu tyypillisesti useita kuukausia. Hybridivoimalaitoksen mallinnus on erityisen haastavaa huomioiden useat toimitusrajat ja säädön toteutuksesta aiheutuvan teknisen monimutkaisuuden. Fingrid tarkastaa toimitettavat mallit yhteistyössä liittymispisteen verkonhaltijan kanssa. Hyväksytyt simulointimallit ovat edellytys väliaikaisen käyttöönottoilmoituksen (ION) antamiselle.

Tahtikonevoimalaitosten yhteyteen asennettavista, laitosten taajuussäätöä tasapainottavista alle 5 MW energiavarastoista joilla ei ole kykyä toimia itsenäisesti ei edellytetä toimitettavan PSS/E- eikä PSCAD-malleja.

Raporttina toimitettavat jännitehäiriölaskelma, jännitteensäädön suorituskykylaskelma sekä erityistarkasteluvaatimuksissa vaaditut laskelmat laaditaan erikseen kaikille hybridivoimalaitoksen suunnitelluille toimintatiloille tarkoittaen laitososioiden toimintaa yhdessä sekä itsenäisesti. Fingrid todentaa muut malleilta VJV:ssä/SJV:ssä edellytetyt toiminnallisuudet (esim. tehonsäätö) osana mallintarkastustaan eikä niitä tarvitse raportoida Liittyjän toimesta.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

C- ja D-tyyppin hybridivoimalaitoksen mallinnustiedot todennetaan käyttöönottokokeiden tulosten perusteella laitoksen loistehokapasiteetin sekä siihen liittyvien rajoitussäätöjen toiminnan osalta. Käyttöönottokokeisiin sisältyvään monitorointijaksoon liittyvä todennus on kuvattu luvussa 4.2. D-tyyppin hybridivoimalaitoksen mallinnustiedot tulee todentaa myös mahdollisten erikoissäätöjen käyttöönotossa testatun toiminnan osalta. Hybridivoimalaitoksen jännitteensäädön virityksen perustuessa nk. VCSCR-arvoon, mallin validoinnin käyttöönottokokeen tuloksia vasten jännitteensäädön suorituskyvyn osalta suorittaa Fingrid, eikä sen raportointia edellytetä Liittyjältä.

4 Hybridivoimalaitosten käyttöönotkokokeet

VJV2018:ssa ja SJV2019:ssa C- ja D-tyyppin laitoksilta vaaditut loistehokapasiteettikokeet tulee suorittaa vähintään 60 % mitoitusteholla. Hybridivoimalaitoksen laitososioiden samanaikainen toiminta suurella teholla voi kuitenkin olla käytännössä vaikea järjestää tai laitoksen liittymispisteeseen sovittu mitoituspäätoteho ei edes mahdollista laitososioiden samanaikaista toimintaa näin korkealla teholla. Tästä johtuen hybridivoimalaitoksen loistehokapasiteetti voidaan todentaa laitososiokohtaisesti VJV/SJV-vaatimusten mukaisesti ja keskussäätäjän ohjaama loistehon allokointi laitososioiden välillä todennetaan erillisellä, taulukon 1 mukaisella matalammalla tehotasolla suoritettavalla kokeella.

Käyttöönottokokeiden aikana vähintään 90 % testattavan laitososion tuotantoyksiköistä tulee olla mukana testissä ja toimia normaalisti.

Mikäli hybridivoimalaitokselle lisätään uusi laitososio, kaikki käyttöönotkokokeet tulee lähtökohtaisesti toistaa täydessä laajuudessaan. Mikäli voidaan osoittaa, että uuden laitososion lisäyksellä ei vaikutuksia olemassa olevan laitososion suorituskykyyn jollain osa-alueella, käyttöönottokokeita ei näiltä osin tarvitse suorittaa uudelleen.

4.1 Käyttöönotossa suoritettavat kokeet

C- ja D-tyyppin hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeiden vähimmäislaajuus on esitetty taulukossa 1. Koelajuuutta täydennetään tarvittaessa esim. hybridilaitoskohtaisten erikoissäätöjen testauksella. Mikäli laitososiot kykenevät lisäksi itsenäiseen toimintaan erillisen, laitososiokohtaisen säätäjänsä ohjaamina, tulee niille suorittaa käyttöönottokokeet tässä toimintatilassa tyyppiluokkansa VJV/SJV:n mukaisessa laajuudessa.

17.10.2023

14 (22)

Taulukko 1. Tyypin C ja D hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeet.

| Käyttöönottokoe | | Koko hybridilaitos (kaikki laitososiot toiminnassa, keskussäätäjä ohjaa) | Laitososiokohtainen testi kaikille laitososioille erikseen |
|-----------------|--|--|--|
| 1 | Taajuussäätö- ylitaajuustoimintatila (LFSM-O) | Kyllä | Ei |
| 2 | Taajuussäätö- alitaajuustoimintatila (LFSM-U) | Kyllä | Ei |
| 3 | Taajuussäätötoimintatila (FSM) | Kyllä | Ei |
| 4 | Pätötehon muutosnopeus | Kyllä | Kyllä |
| 5 | Vakiojännitesäätö | Kyllä | Kyllä |
| 6 | Vakioloistehosäätö | Kyllä | Kyllä |
| 7 | Vakiotehokerroinsäätö | Kyllä | Kyllä |
| 8 | Loistehokapasiteettikoe ja pätötehon rajoittaminen | Kyllä. Testataan kaikkien laitososioiden toimissa samanaikaisesti vähintään 20 % teholla. Kokeessa tulee lisäksi todentaa laitoskohtaisten suunnitteluperusteiden mukaisesti laitososioi- den loistehokapasitee- tin mahdollinen korvaaminen toisella laitososiolla. Kokeessa yksittäisen laitososion toiminta estetään kokonaan tai osittain ja näytetään toisten laitososioiden kyky täyttää loisteho- kapasiteettivaatimus tai toteuttaa pätötehora- | Kyllä Koe suoritetaan kaikilla kolmella VJV/SJV:n mukaisella tehotasoilla. |

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

| | | | |
|----|------------------------------|---|--|
| | | joitus loistehokapa- siteetin ollessa riittämätön. | |
| 9 | Pätötehon nopea alassäätö | Kyllä | Ei (Ei koske sähkövarastoja, ks. SJV2019) |
| 10 | Pysäytys ja käynnistys | Kyllä. Testissä pitää normaalin käynnistykseen ja pysäytyksen lisäksi testata palautuminen tuotantoon 10 minuuttia kestävä verkkokatkon jälkeen, jossa voimalaitoksen ulkoiset sähkö- ja televerkkoyhteydet menetetään. | Kyllä. Testataan laitososion normaali käynnistys ja pysäytys. |
| 11 | Lähivikakestoisuus | Kokeen tarpeellisuus harkitaan tapauskohtaisesti. | |

Tyypin B-hybridivoimalaitosten käyttöönottokokeet suoritetaan VJV2018 / 19.2 mukaisessa laajuudessa.

4.2 Monitorointijakso

Hybridivoimalaitoksen keskussäätäjän jatkuvan toiminnan osoittamiseksi tulee järjestää monitorointijakso, jonka pituus on vähintään 30 päivää. Monitorointijaksosta laaditaan raportti, jolla osoitetaan laitoksen säätöjen toimivan laitoksen järjestelmäkuvauksessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Monitoroinnissa mitataan ja raportoidaan päämuuntajakohtaisesti voimalaitoksen yläjännitepuolen vaihevirrat- ja jännitteet, joista lasketaan pätö- ja loisteho sekä taajuus. Käytettävien mittalaitteiden näytteenottotaajuuden on oltava vähintään 1 kHz ja tallennustaajuuden vähintään 50 Hz. Monitorointi voidaan suorittaa hyödyntämällä voimalaitoksen häiriö-/heilahtelutallentimia, mikäli niiden ominaisuudet soveltuvat jatkuvaan mittaamiseen.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

17.10.2023

16 (22)

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 kassa monitorointijakson päätteeksi ja validoinnin tulokset sisällytetään raporttiin.

5 Viitteet

- /1/ Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2018,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/vjv2018.pdf> (viitattu 17.10.2023)
- /2/ Sähkövarastojen järjestelmätekniset vaatimukset SJV2019,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/sahkovarastojen-jarjestelmatekniset-vaatimukset-sjv2019.pdf> (viitattu 17.10.2023)
- /3/ Voimalaitosten loistehokapasiteettivaatimus ja kytkettävä lisäkompensointi,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/voimalaitosten-loistehokapasiteettivaatimus-ja-lisakompensointi.pdf> (viitattu 17.10.2023)
- /4/ Loissähkön toimitus ja loistehoreservin ylläpito,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/loissahkon-toimituksen-ja-loistehoreservin-yllapito-2021-id-244241.pdf> (viitattu 17.10.2023)
- /5/ Modelling instruction for PSS/E and PSCAD models,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/modelling-instruction-for-psse-and-pscad-models.pdf> (viitattu 17.10.2023)
- /6/ Reaaliaikainen tiedonvaihto,
<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/ajankohtaista/reaaliaikainen-tiedonvaihto-2019.pdf> (viitattu 17.10.2023)

Liitteet

Liite 1

Sovellusesimerkkejä

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

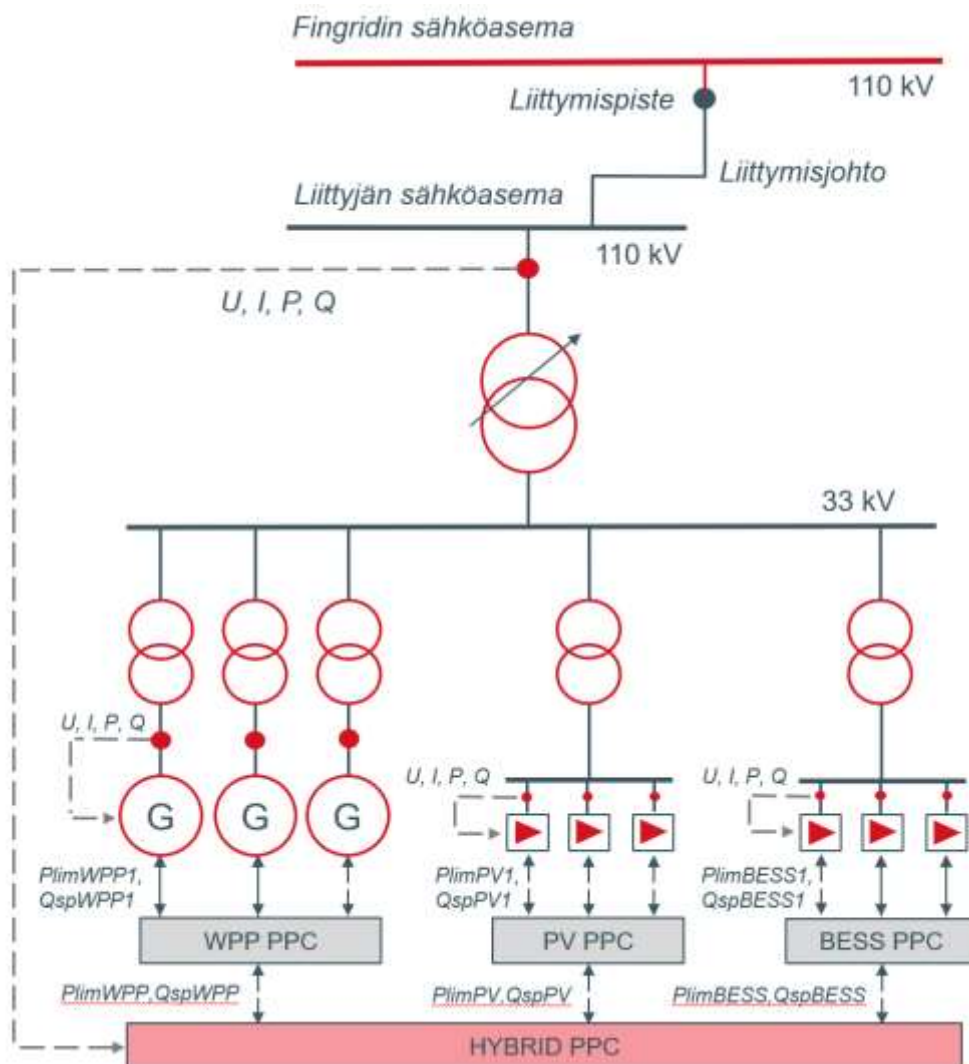
Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

Liite 1 Sovellusesimerkkejä hybridivoimalaitoksista

1 Esimerkki 1

Hybridilaitos: Tuulipuisto DFIG-turbiinein $P_{max_{WPP}}=100$ MW, aurinkovoimalaitos $P_{max_{PV}}=50$ MW ja sähkövarasto $P_{max_{ESS}}=20$ MW. Hybridivoimalaitoksen mitoitustehoksi P_{max} liittymispisteessä on liittymissopimuksessa sovittu 130 MW. Voimalaitoksella on 8 km liittymisjohto liittymissopimuksessa määriteltyyn liittymispisteeseen.



Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

17.10.2023

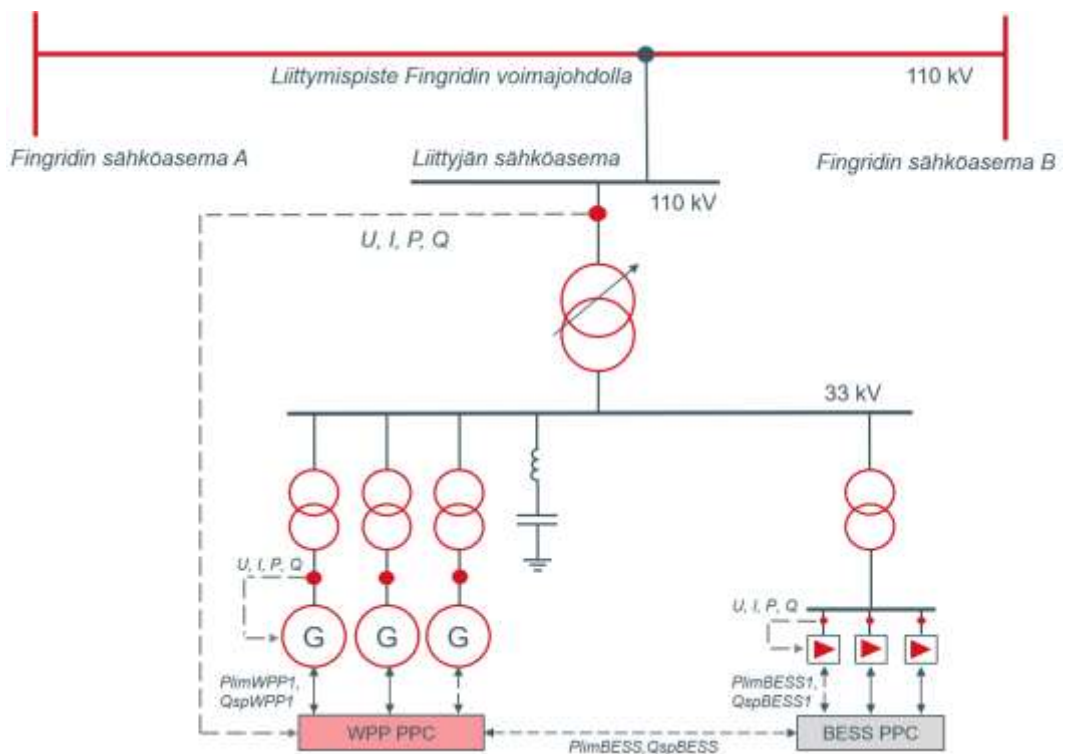
18 (22)

- Säädön toteutus
 - Tämän esimerkin hybridivoimalaitoksella on laitostason keskussäädin ('Hybrid PPC'), joka mittaa laitoksen suurjännitemuuntajan yläjännitepuolelta jännitteen, pätö- ja loistehon, joita se säätää. Pätöteho rajoitetaan kaikissa ajotilanteissa 130 MW:iin. Loistehostatiikka on toteutettu keskussäätäjälle.
 - Jokaisella laitososiosella on oma säätäjänsä, joka saa keskussäätäjältä pätöteho- ja loisteho-ohjeen. Laitososioiden säätäjät ohjaavat itsenäisesti yksittäisiä tuotantoyksiköitään, joiden säätö perustuu kunkin tuotantoyksikön suuntaajan liitinsuureisiin.
 - Keskussäädin on vähintään kertaluokkaa (1/10) hitaampi verrattuna yksittäisten suuntaajien säätöön ristiinsäädön välttämiseksi.
 - Voimalaitoksen päämuuntajan käämikytkin säätää itsenäisesti 33 kV kiskojännitteen perusteella.
- Hybridivoimalaitos on tyyppiä D ja sen loistehokapasiteettivaatimus on $\pm 0,33 \times P_{\max}$ voimalaitoksen päämuuntajan suurjänniteliittimissä (huomioiden Kuvien 1 ja 2 jänniterajat) eli $\pm 0,33 \times 130 \text{ MW} \rightarrow \pm 42,9 \text{ Mvar}$. Tämä loistehokapasiteetti on toteutettu yhdistelmänä eri laitososioiden loistehokapasiteettia ja suuntaajat on mitoitettu tämän mukaan. Laitoksella ei ole mekaanisesti kytkettäviä kondensaattoreita.
- Loistehokapasiteettivaatimus on voimassa suurimman laitososion, tässä tapauksessa DFIG-tuulipuiston, toimiessa minimitehonsa, 5 % eli 5 MW, yläpuolella. Aurinkovoimalaitoksen ja sähkövaraston suuntaajien loistehokapasiteettia ei kuitenkaan rajoiteta ohjelmallisesti, vaikka tuulipuisto ei toimisi minimitehonsa yläpuolella.
- Aurinkovoimalaitoksella ja sähkövarastolla on mahdollisuus toimia itsenäisesti. Tällöin ne toimivat jännitesäädössä säätäen 110 kV jännitettä ja päämuuntajan suurjänniteliittimiin vaadittu loistehokapasiteetti on aurinkovoimalaitokselle $\pm 0,33 \times 50 \text{ MW} \rightarrow \pm 16,7 \text{ Mvar}$ ja sähkövarastolle $\pm 0,33 \times 20 \text{ MW} \rightarrow \pm 6,7 \text{ Mvar}$
- Tuulivoimalaitoksen suuntaajat on mitoitettu siten, että sen toimiessa täydellä teholla aurinkovoimalaitoksen täyssuuntaajien loistehokapasiteettia hyödynnetään tuottamaan vaadittu loistehokapasiteetti, $\pm 0,33 \times 100 \text{ MW} \rightarrow \pm 33,3 \text{ Mvar}$

Fingrid OyjKatuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 HelsinkiPostiosoite
PL 530
00101 HelsinkiPuhelin
030 395 5000Faksi
030 395 5196Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

2 Esimerkki 2

Hybridilaitos: 30 MW tuulipuisto ja 15 MW sähkövarasto samassa Fingridin 110 kV voimajohtoon tehdyssä johdonvarsiliitynnässä. Yksi 31,5 MVA päämuuntaja. Hybridivoimalaitoksen mitoitustehoksi P_{max} on liittymispisteeseen liittymissopimuksessa sovittu 30 MW. Ei liittymisjohtoa, sillä Liittäjän sähköasema on sijoitettu Fingridin voimajohdon välittömään läheisyyteen.



- Säädön periaatteellinen toteutus
 - Tämän esimerkin hybridivoimalaitoksella on tuulivoimalaitoksen puistosäädin ('WPP PCC') toimii laitostason keskussäätimenä, joka mittaa laitoksen suurjännitemuuntajan yläjännitepuolelta jännitteen, pätö- ja loistehon, joita se säätää. Pätöteho rajoitetaan kaikissa ajotilanteissa 30 MW:iin. Loistehostatiikka on toteutettu keskussäätäjälle.
 - Sähkövarastolla on oma säätäjänsä, joka saa tuulipuiston puistosäätäjältä pätöteho- ja loisteho-ohjeen. Laitososioiden säätäjät ohjaavat itsenäisesti yksittäisiä tuotantoyksiköitään, joiden säätö perustuu kunkin tuotantoyksikön suuntaajan liitinsuureisiin.
 - Keskussäädin on vähintään kertaluokkaa (1/10) hitaampi verrattuna yksittäisten suuntaajien säätöön ristiinsäädön välttämiseksi.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

17.10.2023

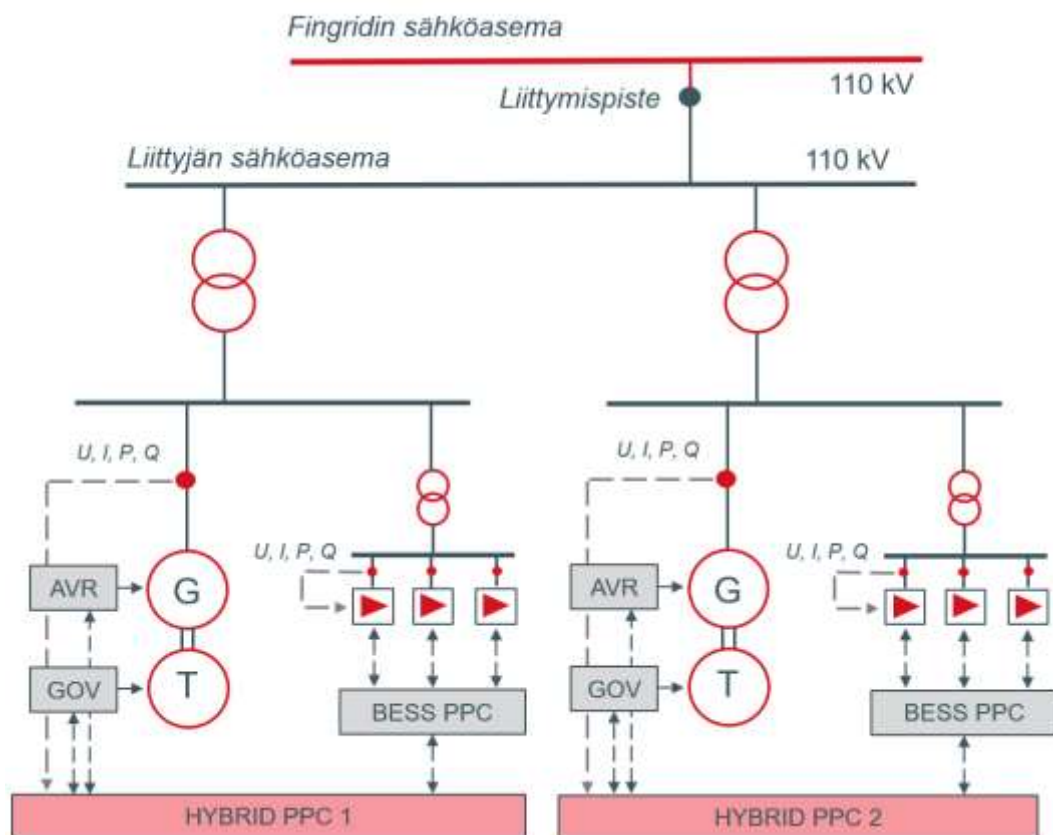
20 (22)

- Voimalaitoksen päämuuntajan käämikytkin säätää itsenäisesti 33 kV kiskojännitteen perusteella.
- Hybridivoimalaitos on tyyppiä D ja sen loistehokapasiteettivaatimus on $\pm 0,33 \times P_{\max}$ voimalaitoksen päämuuntajan suurjänniteliittimissä (huomioiden Kuvien 1 ja 2 jänniterajat) eli $\pm 0,33 \times 30 \text{ MW} \rightarrow \pm 9,9 \text{ Mvar}$.
- Loistehokapasiteettivaatimus on voimassa suurimman laitososion eli tuulipuiston toimiessa minimitehonsa yläpuolella. Turbiineilla on täyssuuntaajat (FC), joten minimiteho on 0 MW (0 %). Loistehokapasiteetin (jänniteensäädön) tulee olla käytettävissä suuntaajien ollessa tuotantovalmiudessa kytkeytyneinä verkkoon.
- Tuulipuistolla ja sähkövarastolla on mahdollisuus toimia itsenäisesti. Tällöin ne toimivat jännitesäädössä säätäen 110 kV jännitettä ja päämuuntajan suurjänniteliittimiin vaadittu loistehokapasiteetti on tuulivoimalaitokselle $\pm 0,33 \times 30 \text{ MW} \rightarrow \pm 9,9 \text{ Mvar}$ ja sähkövarastolle $\pm 0,33 \times 15 \text{ MW} \rightarrow \pm 5,0 \text{ Mvar}$. Tuulipuiston itsenäistä toimintaa varten 33 kV kiskoon on liitetty kondensaattorit, jotka täydentävät voimalaitoksen loistehokapasiteettia suurella pätöteholla.
- Vaatimukset voimalaitosten ja sähkövaraston vikavirransyötölle on parametroitu VJV2018/10.3.3 ja SJV2019/10.3.3 mukaisesti. Koska kyseessä on voimajohtoliityntä, tulee hybridivoimalaitoksen vikavirransyöttö rajoittaa Yleisten Liittymisehtojen (YLE2021) kohdan 2.5 mukaisesti 1,2-kertaiseen nimellisvirtaan (300 ms vian alkamisesta). Molempien laitososioiden ollessa toiminnassa tulee siis varmistaa, että vikavirtaa rajoitetaan arvoon $1,2 \times (30 \text{ MVA} / \sqrt{3}) / 110 \text{ kV} = 189 \text{ A}$.

Fingrid OyjKatuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 HelsinkiPostiosoite
PL 530
00101 HelsinkiPuhelin
030 395 5000Faksi
030 395 5196Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi

3 Esimerkki 3

Hybridilaitos: Olemassa olevalle 2x20 MW vesivoimalaitoksen lisätään 2x1,2 MW sähkövarastot. Kaksi 25 MVA generaattorimuuntajaa. Hybridivoimalaitoksen mitoitustehoksi P_{max} on liittymispisteeseen liittymissopimuksessa sovittu 40 MW Fingridin 110 kV kytkinlaitosliitynnässä. Ei liittymisjohtoa. Sähkövaraston tehtävänä on vähentää vesiturbiinin mekaanisia säätöliikkeitä vesivoimalaitoksen toimiessa reservimarkkinalla, eikä se kasvata voimalaitoksen mitoitustehoa.



- Säädön periaatteellinen toteutus
 - Vesivoimalaitoksen 20 MW koneikot 1 ja 2 ovat itsenäisiä, toisistaan riippumattomia yksiköitä, joilla on omat vesitiet, joten ne tarkastellaan erillisinä voimalaitoksina. Tässä hybridivoimalaitoksen siis muodostaa yhden generaattorin ja akun yhdistelmä.
 - Vesivoimalaitoksen generaattoria ohjaa ja sen magnetointilaitteiston jännitteensäätäjä ja turbiinia vastaavasti turbiinisäätäjä.
 - Reservimarkkinoille tarjottavasta taajuussäädöstä vastaa hybridisäädin ("Hybrid PPC"), jonka pättöteho-ohje sähkövarastolle on koordinoitu

17.10.2023

22 (22)

vesivoimakoneen turbiinisäädön kanssa. Hybridisäädin rajoittaa voimalaitoksen pätötehon sallitulle 20 MW tasolle.

- Hybridivoimalaitos on tyyppiä D ja sen loistehokapasiteettivaatimus on tahtikonevoimalaitoksille asetettujen vaatimusten (VJV2018/12.2.2) mukaisesti +/- $0,33 \times P_{\max}$ voimalaitoksen päämuuntajan suurjänniteliittimissä (huomioiden Kuvien 1 ja 2 jänniterajat) eli +/- $0,33 \times 20 \text{ MW} \rightarrow +/- 6,7 \text{ Mvar}$.
- Generaattori vastaa loistehokapasiteetin täyttymisestä ja toimii jatkuvassa jännitesäädössä.
- Sähkövarasto ei kykene itsenäiseen toimintaan, vaan se on käytössä ainoastaan vesivoimalaitoksen syöttäessä tehoa. Sähkövarasto toimii tehokerroinsäädöllä (asettelulla $\cos \varphi \approx 1$), eikä siis osallistu jännitteensäätöön.
- Sähkövaraston vikavirransyöttö on parametroitu SJV2019/10.3.3 mukaisesti ja sähkövarasto täyttää SJV2019/10.5.2 mukaisesti tyyppin D lähivikavaatimuksen.

Fingrid Oyj

Katuosoite
Läkkisepäntie 21
00620 Helsinki

Postiosoite
PL 530
00101 Helsinki

Puhelin
030 395 5000

Faksi
030 395 5196

Y-tunnus 1072894-3, ALV rek.
etunimi.sukunimi@fingrid.fi
www.fingrid.fi