

Voimalaitoksen pitkän liittymisjohdon loistehon hallinta

1 Johdanto

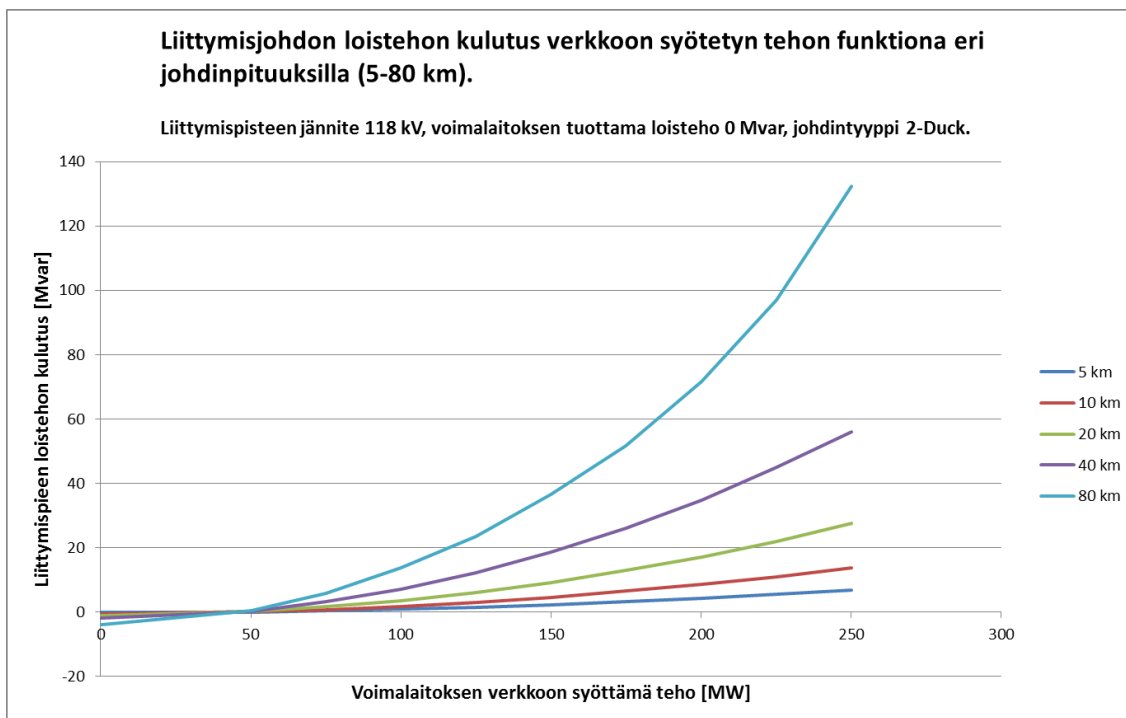
Loistehon hallinta voimalaitoksen liittymispisteessä on haastavaa, mikäli voimalaitoksen liittymisjohto on pitkä ja johdolla siirrettävä teho ylittää merkittävästi voimajohdon luonnollisen tehon. Loissähköikkunan rajojen noudattaminen kantaverkon liittymispisteessä on liittymisen vastuulla. Voimalaitoksen liittymisverkon haltija voi olla myös kolmas osapuoli, jolloin loissähköikkunan rajojen noudattaminen kantaverkon liittymispisteessä on liittymisen verkonhaltijan vastuulla.

Tässä ohjeessa on esitetty vaihtoehtoisia ratkaisuja pitkän (yli 15 km) liittymisjohdon loistehon hallintaan. Ohjeessa esitetyt ratkaisut hyödyntävät voimalaitoksen loistehokapasiteettia ja ne voivat auttaa liittymisjohdon loistehon hallinnassa. Teknisen ratkaisun toimivuuden varmistamiseksi, liittymisen tulee suorittaa tarvittavat suunnittelutoimenpiteet ja laskelmat yhteistyössä voimalaitostoimittajan kanssa.

2 Voimajohdon kuluttama loisteho

Voimajohdon induktiivisen loistehon kulutus riippuu neliöllisesti johtimien läpi kulkevasta virrasta. Johtimien induktanssi kasvaa voimajohdon pituuden kasvaessa. Voimajohdon tuottama kapasitiivinen loisteho on merkitykseltään vähäisempi, sillä se määräytyy voimajohdon geometrian ja käytetyn jännitetason mukaan. Käytännössä voimajohdon kuluttama induktiivinen loisteho rajoittaa verkon siirtokapasiteettia, kun pätötehon siirto on suuri ja siirrettävä matka on pitkä.

Kuvassa [1](#) on esitetty voimajohdon kuluttama loisteho verkkoon syötetyn pätötehon funktiona eri johdinpituuksilla, käytetty johdintyyppi on 2-duck. Kuvaajasta nähdään, että lähestyttäessä voimajohdon termistä kapasiteettia, tulee liittymisjohdon pituus rajoittavaksi tekijäksi pätötehon siirrolle. Tarkan loistehovaihtelun arvioimiseksi liittymisen tulee suorittaa aina projektikohtainen laskelma tapauskohtaisesti.



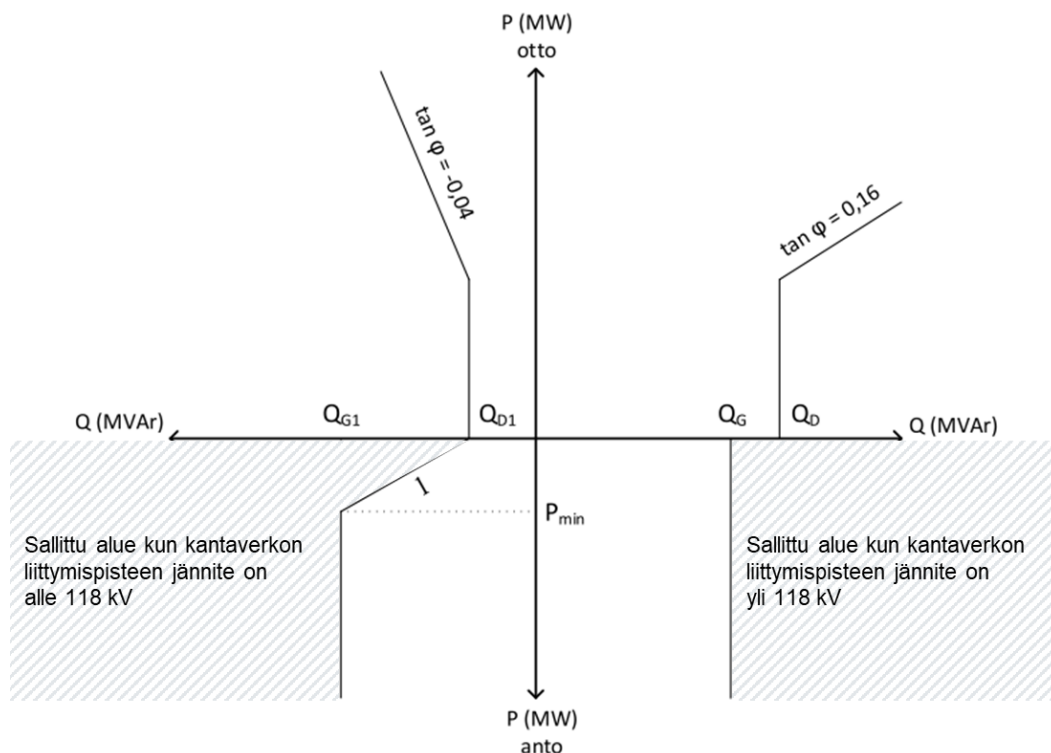
Kuva 1. Liittymisjohdon kuluttama loisteho verkkoon syötetyn päätötehon funktiona eri johdinpituuksilla.

3 Kantaverkkopalveluehdot, loissähköikkuna ja voimalaitoksella toteutettavan loistehokompensoinnin määrä

Fingrid toimittaa ja vastaanottaa loissähköä ilman erillistä korvausta tunneittain liittymispistekohtaisesti määritetyn loissähköikkunan mukaan. Mikäli voimalaitos liittyy kantaverkkoon alle 15 km pituisella voimajohdolla, on voimalaitos vapautettu loissähköikkunasta silloin, kun se toimii jännitteensäädöllä Fingridin antaman ohjeistuksen mukaisesti. 220 kV tai 110 kV sähköverkkoon liitetyn voimalaitoksen loistehokapasiteetista korkeintaan puolet saa käyttää paikalliseen loistehon kompensointiin, loput on varattava kantaverkon jännitteensäädön loistehoreserviksi voimalaitoksen liittymispisteessä. (Fingridin kantaverkkopalveluehdot KVPE2020).

Loissähköikkunan laskutusperusteisiin on tulossa muutoksia vuonna 2021. Ohjeistuksen mukaan voimalaitoksen jännitteensäädön tulee olla VJV-vaatimusten mukainen ja liittymispisteestä mitatun loissähkön siirron tulee pysyä kuvan 2 mukaisessa ikkunassa. Ennen laskutusperusteiden voimaantuloa liittäjät voivat hakeutua pilottilaitoksina uuden menettelyn piiriin. Kuvassa 2 on esitetty loissähköikkunaan suunniteltu muutos. Päivitetyn loissähköikkunan mukaan, loissähkön

- ottoraja Q_G ei ole voimassa, kun kantaverkon liittymispisteen jännite on yli 118 kV.
- antoraja Q_{G1} ei ole voimassa, kun kantaverkon liittymispisteen jännite on alle 118 kV.



Kuva 2. Loissähköikkunaan suunniteltu muutos v. 2021. Uuden loissähköikkunan mukaan loissähkön otosta ei laskuteta, kun päätötehoa siirretään kantaverkkoon ja liittymispisteen jännite on yli 118 kV. Vastaavasti loissähkön annosta ei laskuteta, kun päätötehoa siirretään kantaverkkoon ja liittymispisteen jännite on alle 118 kV.

Voimalaitoksen loistehokapasiteettivaatimuksen täyttämisestä ja kytkettävästä lisäkompensoinnista on julkaistu erillinen tarkentava ohje ”Voimalaitosten loistehokapasiteettivaatimus ja kytkettävä lisäkompensointi”, joka on saatavissa Fingridin internet-sivuilta.

4 Pitkän liittymisjohdon loistehon kompensointi

Tässä luvussa on esitetty kaksi erilaista toteutustapaa, joiden avulla voimalaitoksen puistosäätäjään toteutettavalla lisäfunktiolla voidaan kompensoida liittymisjohdon kuluttamaa loistehoa. Toteutustavat ovat:

1. Jänniteensäätäjän referenssimittaus liittymispisteestä
2. Paikalliseen jännitteen ja loistehon mittaukseen perustuva dynaaminen kompensointifunktio

Ensimmäinen esitetty toteutustapa on tarkempi, sillä se huomioi aina säädössä kantaverkon liittymispisteen jännitteen. Toinen toteutustapa on epätarkempi, sillä siinä ei mitata liittymispisteen jännitettä. Toista toteutustapaa voidaan kuitenkin käyttää

useimmissa tapauksissa ja käytännön toteutus on helpompi, sillä erillistä mittausta ja signaalinsiirtoa liittymispisteestä ei vaadita.

Molemmissa toteutustavoissa voimalaitoksella toteutettava loistehon kompensointi johtaa jännitteen nousuun voimalaitoksella. Tämän vuoksi voimalaitoksen jännitteensäädölle on asetettava rajoittimet, jotta jännitteen nousua voidaan hallita paikallisesti voimalaitoksella. Jännitteen nousu on kuitenkin sallittava voimalaitoksella vähintään 121 kV tasoon, jotta kompensointi toimii tehokkaasti.

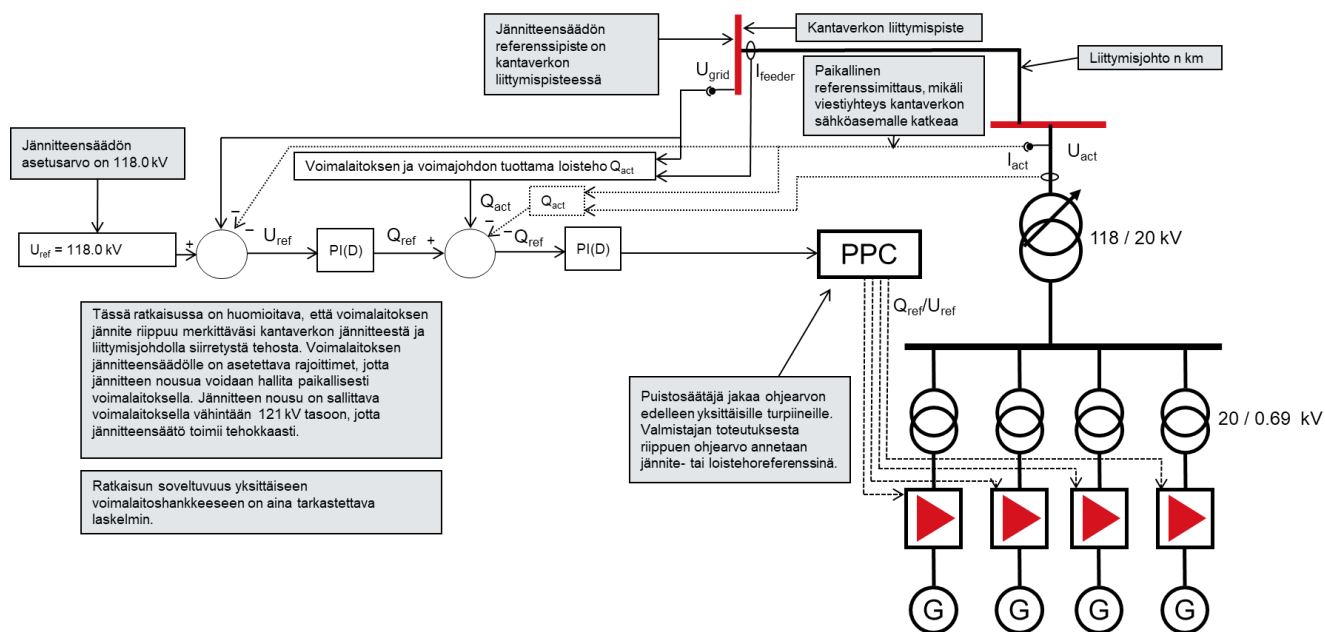
Lisäksi on huomioitava, että kantaverkkopalveluehtojen mukaan pitkän liittymisjohdon loistehon kompensointiin voidaan käyttää korkeintaan puolet voimalaitoksen VJV-vaatimusten mukaisesta loistehokapasiteetista.

4.1 Jännitteensäätäjän referenssimittaus liittymispisteestä

Jännitteensäätäjän referenssimittaus toteutetaan tavanomaisesti voimalaitoksen nostomuuntajan yläjännitepuolelta. Jotta liittymisjohdon loisteho voidaan kompensoida voimalaitoksen jännitesäätäjällä, tulee jännitteen ja loistehon mittaus tuoda puistosäätäjälle kantaverkon liittymispisteestä.

Jännitteensäätäjän uloimpaan summauspisteeseen annetaan jännitteen ohjearvo, josta vähennetään liittymispisteen jännite. Säätäjä antaa tämän jälkeen erosuureen perusteella loisteho-ohjeen seuraavaan summauspisteeseen, josta vähennetään voimalaitoksen ja voimajohdon tuottama loisteho. Tämän jälkeen säätäjä jakaa ohjearvot edelleen yksittäisille turbiineille. Jännitteensäätäjän referenssimittauksen toteutuksen periaatekaavio on esitetty kuvassa [3](#).

Kuvaan 3 on lisäksi piirretty katkoviivoin jännitteensäädön varajärjestelmä, mikäli viestiyhteys kantaverkon liittymispisteeseen katkeaa. Varajärjestelmän toteutus vastaa tavanomaista voimalaitoksen jännitteensäätöä, ilman liittymisjohdon loistehon kompensointia.



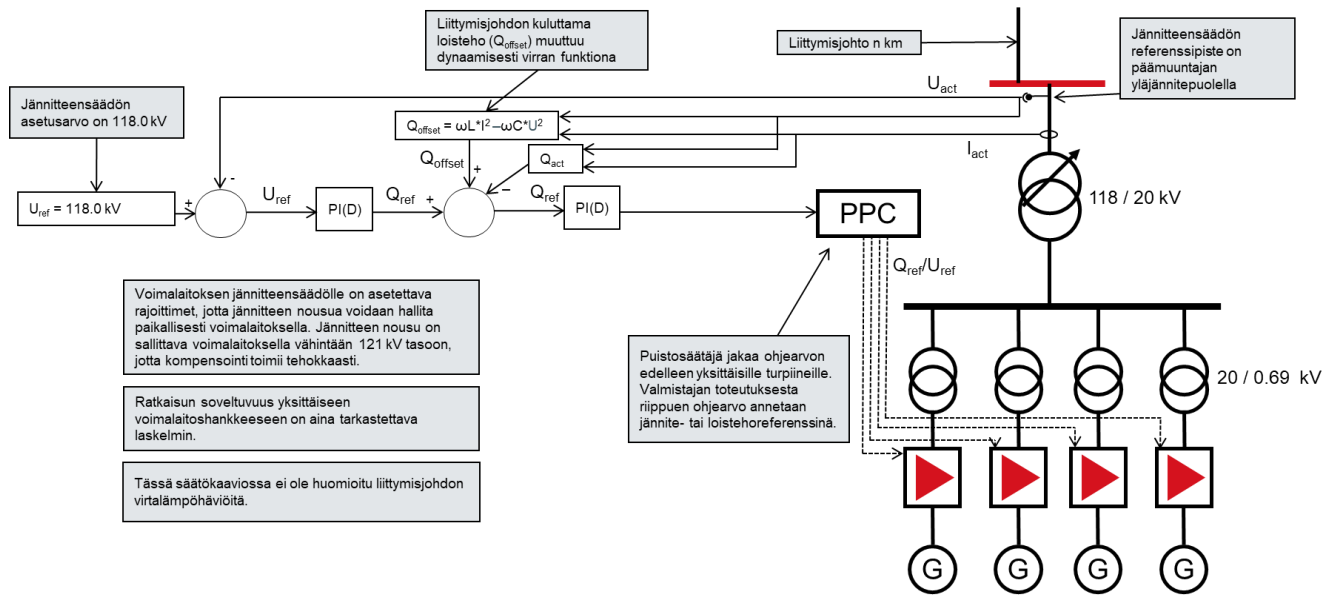
Kuva 3. Säädön toteutuksen periaatekaavio, kun voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säädön referenssimittaukset tuodaan säätäjälle kantaverkon liittymispisteestä.

4.2 Paikalliseen jännitteen ja loistehon mittaukseen perustuva dynaaminen kompensointifunktio

Paikalliseen jännitteen ja loistehon mittaukseen perustuva dynaaminen kompensointifunktio toteutetaan voimalaitoksen puistosäätäjään ilman voimalaitoksen ulkopuolista jännitteensäädön referenssimittauksia. Kompensointifunktion toiminta perustuu voimalaitoksen nostomuuntajan yläjännitepuolelta paikallisesti mitattuun virtaan ja jännitteeseen.

Jännitteensäätäjän uloimpaan summauspisteeseen annetaan jännitteen ohjearvo, josta vähennetään nostomuuntajan yläjännitepuolelta mitattu jännite. Säätäjä antaa tämän jälkeen erosuureen perusteella loisteho-ohjeen seuraavaan summauspisteeseen. Loistehon summauspisteessä ohjearvosta vähennetään voimalaitoksen tuottama loisteho ja ohjearvoon lisätään liittymisjohdon kuluttama loisteho. Tämän jälkeen säätäjä jakaa ohjearvot edelleen yksittäisille turbiineille. Jännitteensäätäjän referenssimittauksen toteutuksen periaatekaavio on esitetty kuvassa [4](#).

Säätimessä käytetty liittymisjohdon kuluttama loisteho perustuu laskettuun arvioon, jossa käytetään lähtötietoina liittymisjohdon sähköisiä parametreja. Liittymisjohdon kuluttama loisteho muuttuu dynaamisesti virran funktiona, jännitetason pienet muutokset eivät vaikuta merkittävästi liittymisjohdon tuottamaan loistehoon.



Kuva 4. Säädön toteutuksen periaatekaavio, kun voimalaitoksen liittymisjohtoon loistehon kompensointi toteutetaan voimalaitoksen jännitteen ja loistehon säätöön lisättävällä kompensointifunktiolla.