

Siirtokapasiteetin määrittäminen

1 Suomen sähköjärjestelmän siirtokapasiteetit

Fingrid antaa sähkömarkkinoiden käyttöön kaiken sen siirtokapasiteetin, joka on mahdollinen sähköjärjestelmän käyttövarmuuden vaarantumatta. Pohjoismaiden kantaverkkoyhtiöt ovat yhdessä julkaisseet dokumentin "[Principles for determining the transfer capacities in the Nordic power market](#)".

Tässä liitteessä esitetään yksityiskohtaisemmin, mitkä ovat siirtokapasiteetin määrittämisen lähtökohdat ja kriteerit Suomen voimajärjestelmässä sekä miten sähkömarkkinoiden käytettävissä oleva siirtokapasiteetti muodostuu näiden perusteella.

Kuvassa 1 on esitetty Suomen siirtoverkon kaupalliset enimmäissiirtokapasiteetit vuonna 2017. Fingrid julkaisee yksityiskohtaisemmat tiedot kulloinkin käytössä olevasta kapasiteetista omilla (www.fingrid.fi) sekä sähköpörssi Nord Poolin (www.nordpoolspot.com) internet-sivuilla.



Kuva 1. Suomen siirtoverkon kaupalliset enimmäissiirtokapasiteetit 2017.

2 Siirtokapasiteetin määrittämisen lähtökohdat

Suomen sähköjärjestelmän tulee kestää 400 kV yksittäiset viat ilman sähkön tuotannolle ja kulutukselle aiheutuvaa keskeytystä. Tätä periaatetta kutsutaan (n-1)-säännöksi. Käytännössä 400 kV kantaverkkoa mitoittaviksi vioiksi muodostuvat sähköasemien viat, suurimman voimalaitosyksikön verkosta irtoaminen tai maiden välisten siirtoyhteyksien viat. Kantaverkon käyttövarmuuden perustana olevan (n-1) säännön toteutuminen tarkistetaan erilaisissa kantaverkon kulutus- ja tuotantotilanteissa verkostolaskelmin verkkoa suunniteltaessa ja käytettäessä.

Tekninen siirtokapasiteetti (Total Transfer Capacity, TTC) määräytyy (n-1)-säännön tai termisen kuormitettavuuden perusteella. Osa teknisestä siirtokapasiteetista varataan varmuusmarginaaliksi (Transmission Reliability Margin, TRM), jolla otetaan huomioon seuraavat epävarmuustekijät:

- Siirtojen vaihtelua aiheuttava sähkön kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito automaattisesti aktivoituvilla reserveilla
- Sähkön kulutuksen ja tuotannon ennakoimattomista vaihteluista johtuvat siirtojen muutokset
- Tehojen mittaamiseen ja tietojen siirtoon liittyvät epätarkkuudet

Sähkömarkkinoiden käyttöön annettava kaupallinen siirtokapasiteetti (Net Transfer Capacity, NTC) on tekninen siirtokapasiteetti vähennettynä varmuusmarginaalilla:

$$NTC = TTC - TRM$$

Suomen ja Ruotsin välisten pohjoisten vaihtosähköyhteyksien kaupallisen siirtokapasiteetin laskennassa käytettävä varmuusmarginaali (TRM) on tällä hetkellä 100 MW. Fenno-Skan 1 ja 2 tasasähköyhteyksillä varmuusmarginaalia ei käytetä.

Siirtokapasiteetilaskelmat päivitetään aina, kun sähköjärjestelmässä tapahtuu siirtokapasiteetin merkittävästi vaikuttavia muutoksia. Siirtokapasiteetti vaihtelee sähkön tuotannon ja kulutuksen mukaan. Tarkastelut tehdään eri vuoden- ja vuorokaudenajoille huomioiden erityisesti huippukulutustilanne (yhden tunnin kulutushuippu lämpötilan ollessa koko maassa keskimäärin -25 °C) ja tuotantotilanne, jossa sähköverkkoon on kytketty vähäinen määrä voimalaitoksia.

Siirtoverkon keskeytysten aikaiset siirtokapasiteetit lasketaan hyvissä ajoin, jotta ehditään informoida sähkömarkkinaosapuolia keskeytyksen aikana käytettävissä olevasta siirtokapasiteetista.

3 Siirtokapasiteetin määrittämisessä käytettävä verkkomalli

Siirtokapasiteetin laskennassa käytetään pohjoismaista siirtoverkkomallia. Verkkomalli sisältää yksityiskohtaiset kuvaukset siirtoverkosta ja voimalaitoksista sekä tuotannosta ja kulutuksesta. Pohjoismaiden ja niiden ulkopuolisten siirtoverkkojen väliset tasasähköyhteydet on mallinnettu positiivisina tai negatiivisina kuormina. Samoin alempien jännitetasojen jakeluverkot on mallinnettu liittymispisteisiin asetettuina positiivisina tai negatiivisina kuormina.

Verkkomallia päivitetään jatkuvasti verkossa tapahtuvien muutosten mukaisesti. Muutoksia aiheuttavat esimerkiksi uudet siirtoyhteydet, voimalaitokset ja verkon sähköisten arvojen muutokset.

Laskentamallilla saatujen tulosten oikeellisuutta seurataan jatkuvasti. Tässä hyödynnetään verkon häiriötilanteiden yhteydessä tehtyjä mittauksia, joita verrataan simulointimallin antamiin tuloksiin. Lisäksi tehdään kokeita, joilla verkon dynaaminen käyttäytyminen todennetaan.

Sähkön tuotannosta tehdään verkkomallissa seuraavat oletukset:

- Sekä sähköä että lämpöä tuottavat vastapainevoimalaitokset tuottavat sähköä lämmön tarpeen mukaan
- Vesivoimalaitosten ajo vaihtelee vesistöittäin vuorokauden- ja vuodenaikojen mukaan

- Lauhdevoimalaitosten tuotantojärjestys määräytyy oletettujen muuttuvien kustannusten mukaan

4 Siirtokapasiteetin määrittämisen kriteerit

4.1 Jännite

Siirtoverkon jännitteen tulee mitoittavan vian jälkeen olla hyväksytyissä rajoissa. Hetkellinen jännitteen alenema ei saa olla niin suuri, että se aiheuttaa voimalaitosten irtoamista verkosta tai ongelmia sähkön kuluttajille. Jännitetaso todennetaan tehonjakolaskennalla ja jänniteheilahtelua koskevan kriteerin täyttyminen dynaamisella simulointimallilla.

4.2 Vaimennus

Sähköjärjestelmässä tapahtuvan vian jälkeisten verkon teho- ja jänniteheilahtelujen tulee vaimentua. Tämä tarkistetaan dynaamisella simulointimallilla.

4.3 Kuormitettavuus

Vian jälkeisessä tilanteessa siirtoverkko ei saa ylikuormittua. Komponenttien kuormitettavuutena käytetään kussakin tarkasteltavassa tilanteessa vuodenajan korkeinta ympäristön lämpötilaa vastaavaa kuormitettavuutta. Johdoilla, sarjakondensaattoreilla ja muuntajilla hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan niiden lyhytaikaisia ylikuormitettavuuksia.

4.4 Taajuus

Pohjoismaisen siirtoverkon jakaantumisen varalta osajärjestelmien välinen siirtokapasiteetti tulee määrittää siten, että kunkin osajärjestelmän taajuuden tulee vian jälkeen olla hyväksyttävissä rajoissa.

5 Siirtokapasiteettia rajoittavat tekijät

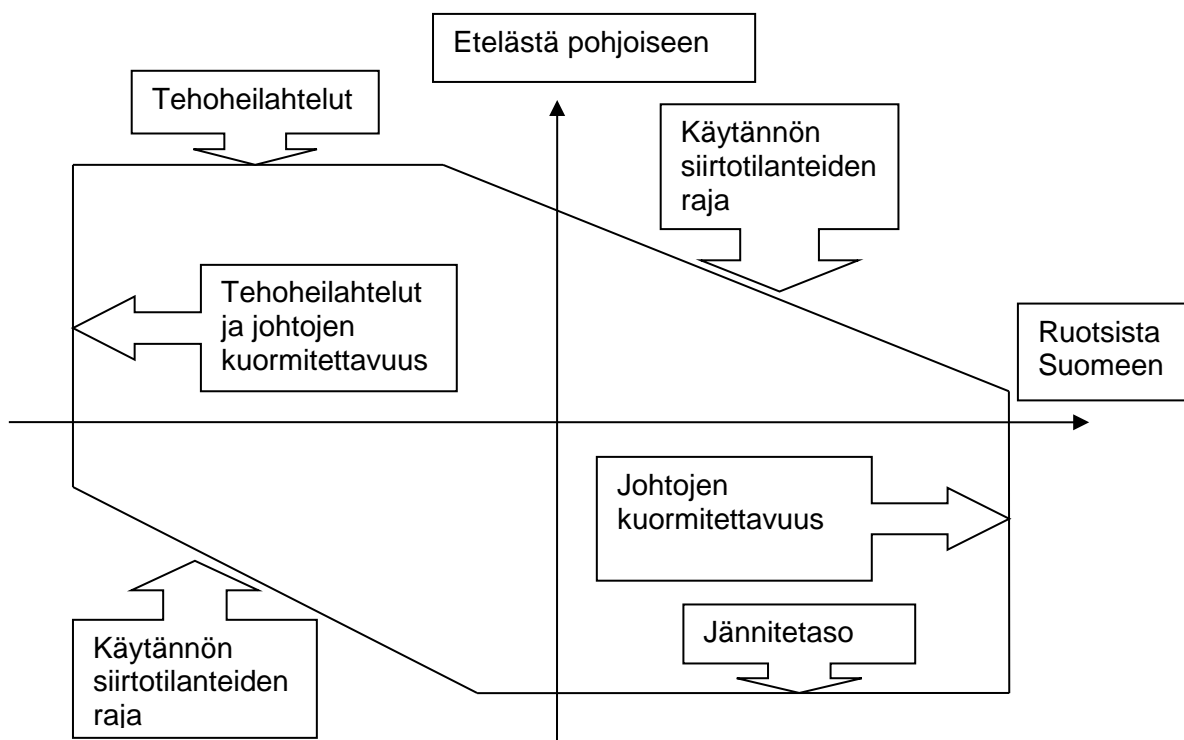
Suomen kantaverkossa ja sen yhteyksissä naapurimaihin on kaksi keskeistä siirtokapasiteetilaskennassa tarkasteltavaa pullonkaulaa:

- Pohjois-Suomen ja Etelä-Suomen välillä
- Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin välillä

Siirrettäessä tehoa vaihtosähköverkkoa pitkin Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen ja edelleen Pohjois-Ruotsiin siirtokapasiteettia rajoittavat verkon vikojen jälkeiseen tehoheilahteluun liittyvät vaatimukset, joiden mukaan tehoheilahtelujen on vaimennuttava riittävän nopeasti ja verkon jännitetason on oltava riittävä tehoheilahtelunkin aikana.

Siirrettäessä tehoa vaihtosähköverkkoa pitkin Pohjois-Ruotsista Pohjois-Suomeen ja edelleen Etelä-Suomeen siirtokapasiteettia rajoittavat vaatimukset riittävästä jännitetasosta ja sallittu johtojen kuormittuminen verkon vikojen jälkeen.

Siirtoverkon toiminta-alue on esitetty kuvassa 2. Pullonkaulojen siirtokapasiteetit ja käytännössä esiintyvät siirtotilanteet määräävät toiminta-alueen rajat.



Kuva 2. Toiminta-aluekaavio, jossa vaak-akseli kuvaa siirtoa Ruotsista Suomeen ja pysty-akseli siirtoa etelästä pohjoiseen. Pysty- ja vaakasuorat viivat esittävät määritettyjä siirtorajoja. Kaltevat viivat ovat siirtorajoja, joita ei käytännössä ylitetä, vaikka siirtokapasiteetti sen mahdollistaisikin.

Suomen siirtoverkon naapurimaiden verkkoon liittävien tasasähköyhteyksien siirtokapasiteetin määrittää terminen kuormitettavuus. Pohjois- ja Etelä-Suomen sekä Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin välisten pullonkaulojen lisäksi pullonkauloja saattaa esiintyä ajoittain myös muualla verkossa silloin, kun johtoja on poissa käytöstä rakennustöiden vuoksi.

Suomen kantaverkko on vaihtosähköyhteyksillä kytkeytynyt muuhun pohjoismaiseen siirtoverkkoon vain Pohjois-Suomessa, joten siirtokapasiteettien laskennassa ei tarvitse ottaa huomioon yleensä laajoissa silmukoiduissa vaihtosähköverkoissa esiintyviä silmukkavirtoja.