

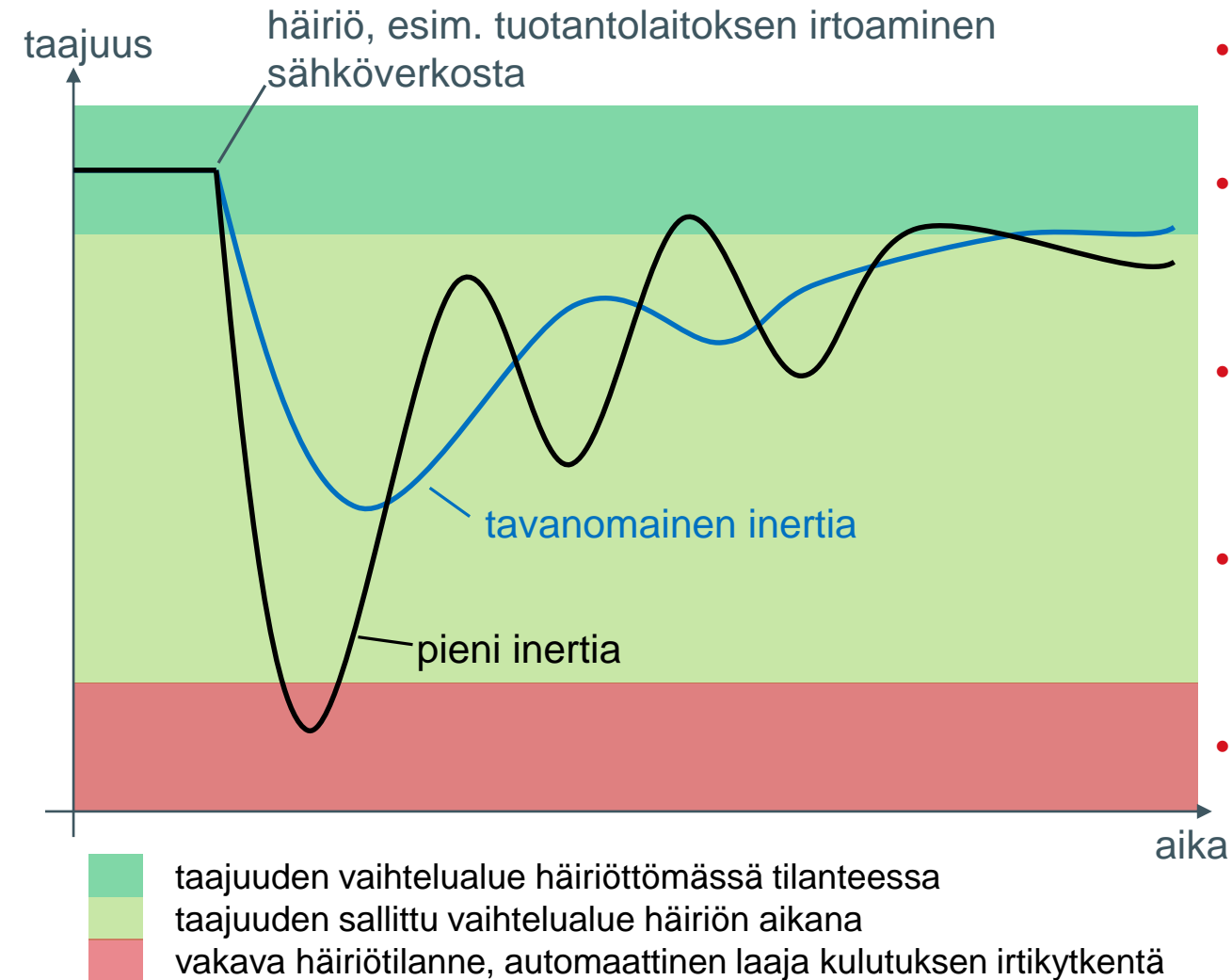


Käyttötoimikunta 12.6.2018

Sähköjärjestelmän matalan inertian hallinta

FINGRID

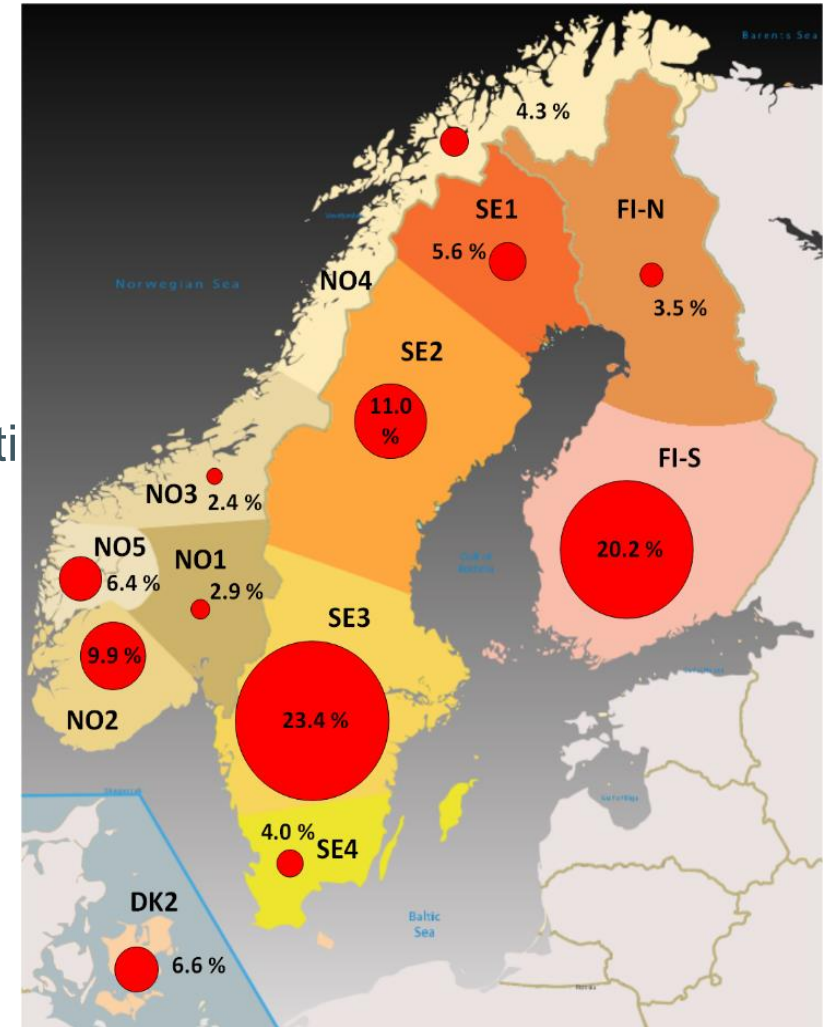
Miksi voimajärjestelmän inertialla on merkitystä?



- Jos sähköverkosto irtoaa sähköntuotantolaitos, verkon taajuus laskee.
- Taajuuden laskiessa aktivoituu häiriöreservi, eli voimajärjestelmään tuotetaan lisää korvaavaa tehoa. Tämän aktivoituminen vie kuitenkin useita sekunteja.
- Paljon nopeampi tehovaste saadaan inertiasta eli kun verkon taajuudessa pyörivästä massasta vapautuu energiaa pyörimisnopeuden laskiessa.
- Jos sähköjärjestelmän inertia on pieni, tätä tehoa vapautuu vähän ja taajuuden muutokset tapahtuvat nopeammin ja ovat suurempia.
- Jos taajuus laskee hyvin paljon, saatetaan joutua tilanteeseen, jossa sähköjärjestelmän toiminnan pelastamiseksi kytkeytyy automaattisesti irti merkittävä määrä kulutusta.

Mistä sähköverkon inertia tulee?

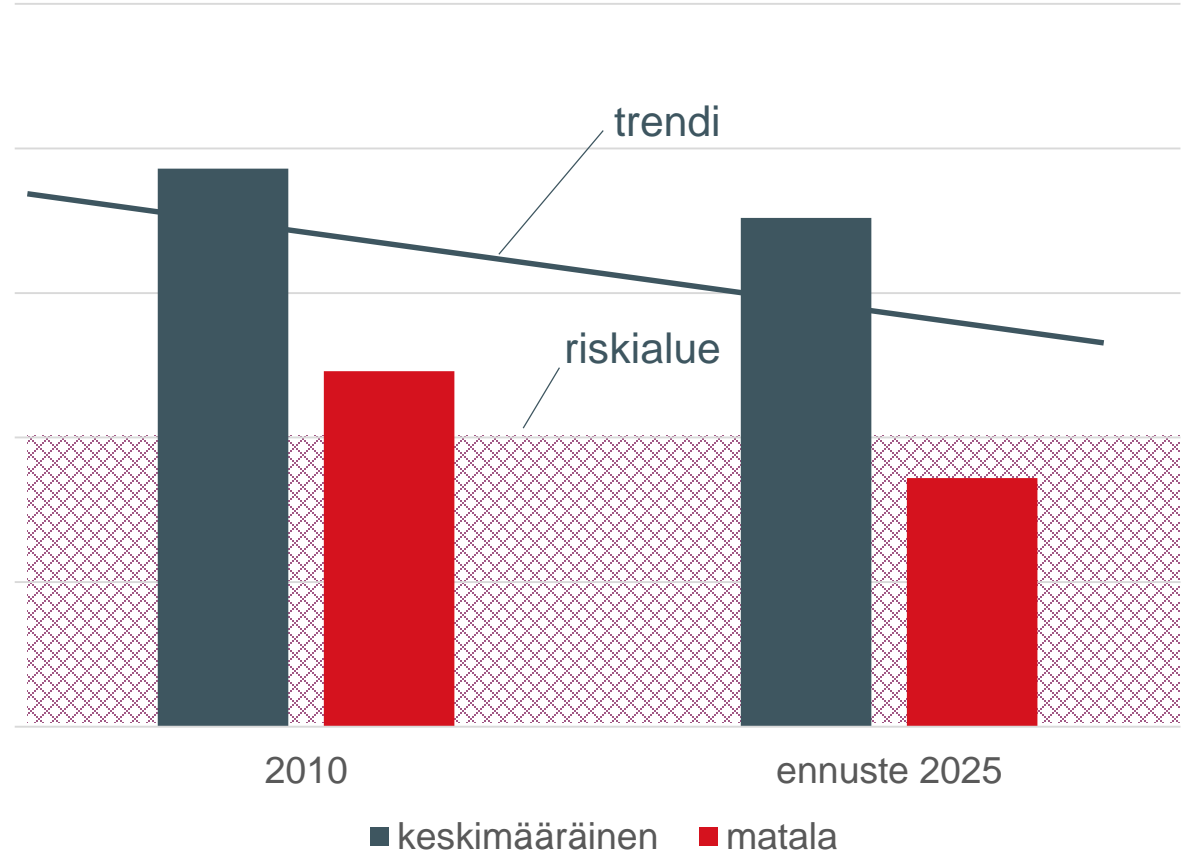
- Sähköverkon taajuudella pyörivät massat tuottavat sähköjärjestelmän inertiaa.
- Inertiaa vaikuttaa paitsi pyörivän massan määrä, myös sen pyörimisnopeus.
- Suuria, hyvin suurella kierrosnopeudella pyöriviä massoja on erityisesti lauhdevoimalaitoksissa.
 - Ydinvoimalat kasvattavat inertiaa eniten.
- Myös vesivoimassa on pyörivää massaa, mutta vähemmän kuin lauhdevoimalaitoksissa. Ne myös pyörivät hitaammin.
- Suurin osa tuulivoimaloista liittyy sähköverkkoon taajuusmuuttajan välityksellä. Tällöin tuulivoimalan inertia ei välity sähköverkkoon lainkaan.
- Myöskään aurinkovoima ei tuo inertiaa sähköverkkoon.
- Teollisuudessa on joitain isoja verkon tahtiin pyöriviä moottoreita, jotka kasvattavat sähköverkon inertiaa. Eli myös kuorma vaikuttaa vähän.



Kineettisen energian jakautuminen alueittain pohjoismaisessa sähköjärjestelmässä

Sähköjärjestelmän inertia vähenee tuotantorakenteen muuttuessa

- Tuulivoimaa ja aurinkovoimaa lisää yhteensä 2–5 TWh vuosittain.
- Ruotsi sulkee ydinvoimalaitaan.
- Suomessa suljetaan lauhdevoimalaitoksia, mutta kasvatetaan ydinvoimaa.
- Uusia isotehoisia HVDC-yhteyksiä pohjoismaiden ja muiden synkronialueiden välille -> tuotantoa korvautuu tuonnilla, mikä pienentää inertiaa.
- Teollisuuskuormien siirtyminen taajuusmuuttajien taakse jatkuu -> kuormituksen taajuusriippuvuus pienenee.



Vaihtoehdot pienen inertian tilanteiden hoitamiseen

VAIHTOEHTO 1

- Verkkoyhtiö ostaa lisää tuotantoa, joka kasvattaa sähköjärjestelmän inertiaa.
- Tai ostetaan isoja moottoreita pyörimään.
- Hankinta on tehtävä aina, kun on pienen inertian tilanne, vaikka taajuushäiriötä ei silloin sattuisikaan.

VAIHTOEHTO 2

- Verkkoyhtiö ostaa erittäin nopeaa uutta häiriöreservikapasiteettia (FFR) pienen inertian tilanteissa.
- Mm. kuormat, akut, HVDC-yhteydet ja mahdollisesti myös tuulivoima voisivat tuottaa tällaista reserviä.
- Reservi aktivoitaisiin vain taajuushäiriössä.

VAIHTOEHTO 3

- Rajoitetaan suurimpien sähköntuotantoyksiköiden (ydinvoimalat) tuottamaa tehoa.
- Rajoitetaan myös HVDC-yhteyksien tehonsiirtoa.
- Rajoitus tehtävä aina, kun on pienen inertian tilanne, vaikka taajuushäiriötä ei silloin sattuisikaan.

Lisää
pyörivää
massaa

Lisää
nopeaa
häiriöre-
serviä

Rajoite-
taan
mitoitta-
vaa vikaa

Pohjoismainen tapa hoitaa pienen inertia tilanteet

Huonoin vaihtoehto – ei toteuteta

- Erittäin kallis, vaikea toteuttaa

Paras ratkaisu

- Markkinaehtoinen FFR
- Käyttöönotto vienee pari vuotta: ratkaisu 2020

Lisää
pyörivää
massaa

Lisää
nopeaa
häiriöre-
serviä

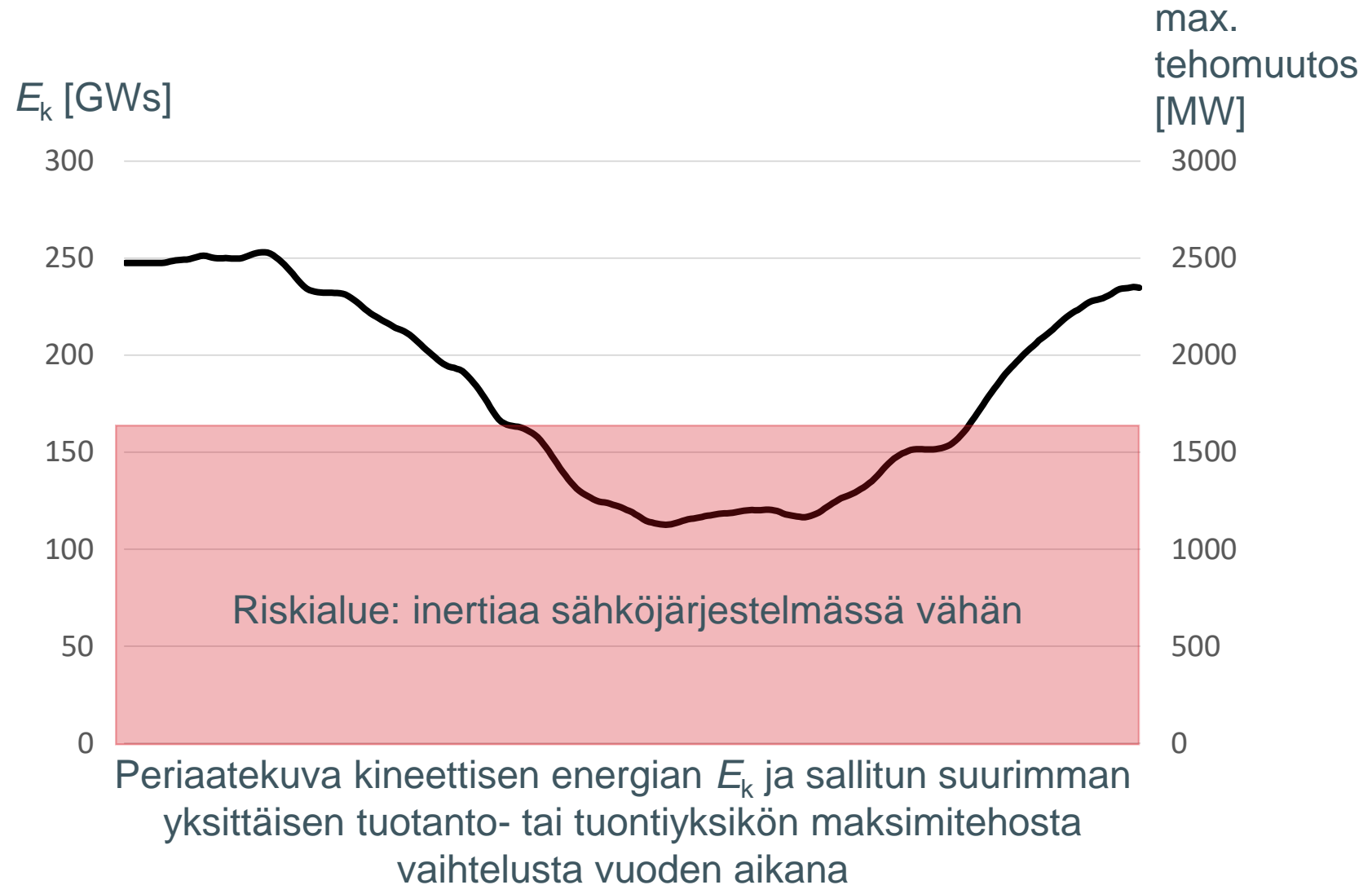
Rajoite-
taan suurten
yksiköiden
tehoa (nk.
mitoittava
vika)

Varavaihtoehto

- Koskee muutamaa toimijaa
- Voidaan ottaa käyttöön nopeasti: ratkaisu 2018

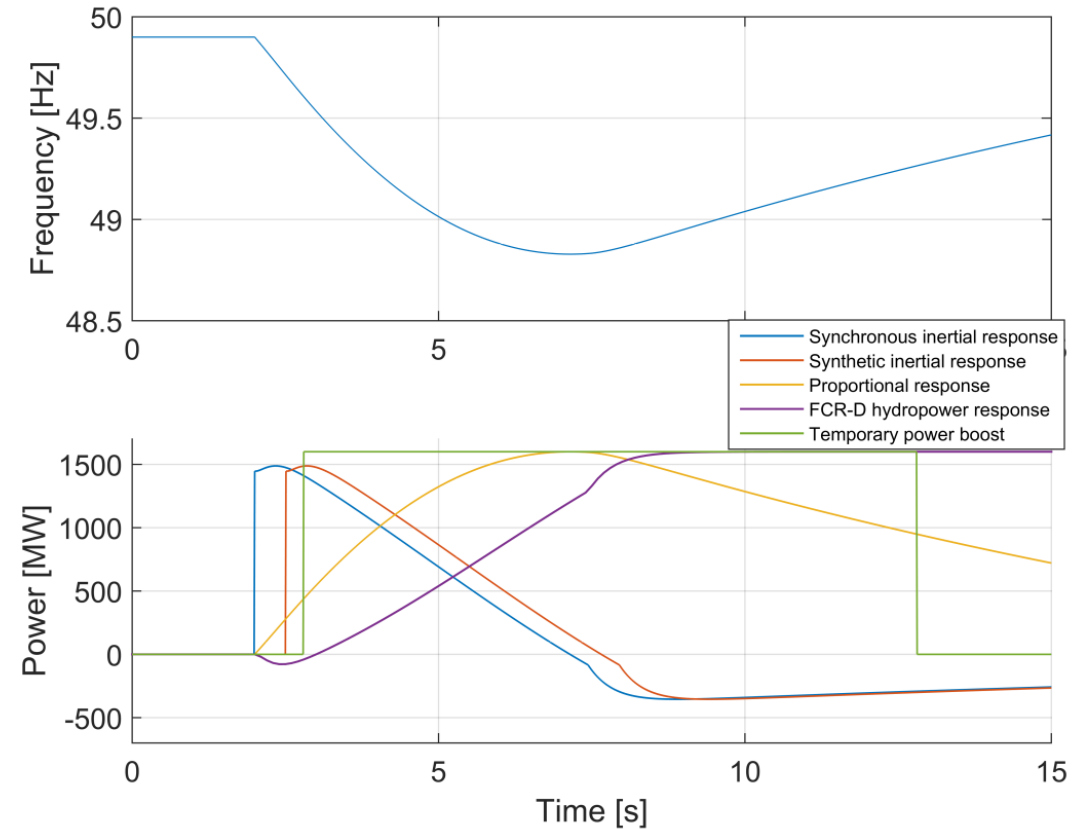
Inertia vaihtelee vuodenaikojen mukaan

- Jos kineettisen energian pieneneminen hoidetaan rajoittamalla suurinta sallittua tehomuutosta, kesällä joudutaan rajoittamaan ydinvoimayksiköiden ja HVDC-yhteyksien tehoja.



Synteettinen inertia

- Synteettinen inertia viittaa säätöjärjestelmän avulla luotavasta inertian omaisesta tehovasteesta.
- Yleisesti viittaa nopeaan tehon aktivointiin. Aktivointi voi tapahtua esim.
 - jonkin taajuuskynnyksen alituksen tai ylityksen seurauksena
 - taajuuden muutoksen perusteella
- Jälkimmäinen vastaa todellisen inertian käyttäytymistä, tosin aktivoitumisessa pieni viive.
- Esim. akkuvarastoista, kuormasta, tuulivoimasta ja HVDC-yhteyksiltä voitaisiin saada tällainen tehovaste.
- Suunniteltu nopea reservi FFR voidaan ajatella synteettisenä inertiana.



Yhteenveto

- Sähköverkon voimalaitoksissa on pyöriviä turbiineja ja generaattoreita, joiden pyörimisliikkeeseen on varastoituneena liike-energiaa. Tämä liike-energia hidastaa taajuuden muutoksia, joten usein liike-energian sijasta puhutaan inertiaasta.
- Tuotantorakenteen muuttuessa sähköjärjestelmästä poistuu inertiaa tuottavia voimalaitoksia (esim. lauhdevoima, ydinvoima) ja vastaavasti tilalle tulee voimalaitoksia, jotka eivät tuota inertiaa (tuulivoima, aurinkovoima). Sähköjärjestelmän inertia siis vähenee.
- Tulevaisuuden sähköjärjestelmässä voidaan joutua rajoittamaan suurimpien voimalaitosten tehoja, ellei inertiaa ole riittävästi
- Pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt ovat sopineet ratkaisusta, joka on kaksivaiheinen
 1. Vuosina 2018–2020 rajoitetaan suurimpien voimalaitosten tehoja, jos inertia laskee liian alas. Koskee yli 1000 MW laitosyksikköjä Rajoitukset mahdollisia kesällä
 2. Vuodesta 2020 eteenpäin kantaverkkoyhtiöt hankkivat hyvin nopeaa reserviä tilanteissa, jolloin inertiaa on vähän. Voimalaitosten tehoja ei tarvitse rajoittaa



Fingrid Oyj

Läkkisepäntie 21

00620 Helsinki

PL 530, 00101 Helsinki

Puh. 030 395 5000

Fax. 030 395 5196

FINGRID