

Mannertenvälistä avaruussäätutkimusta: mitataan magneettikenttä Pohjois-Euroopassa ja lasketaan geomagneettisesti indusoituvat virrat Kanadassa

Ari Viljanen ⁽¹⁾

Risto Pirjola ⁽¹⁾

Anneli Ketola ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Ilmatieteen laitos
PL 503, 00101 Helsinki
Email: ari.viljanen@fmi.fi*

JOHDANTO

Geomagneettisesti indusoituvat virrat (geomagnetically induced current, GIC) sähköverkoissa, maakaasu- ja öljyputkissa ja muissa sähköä johtavissa teknisissä järjestelmissä kuuluvat avaruussään maanpintavaikutuksiin. Virtojen ensisijainen aiheuttaja on Maan magneettikentän nopea ajallinen vaihtelu. Suurimmat GIC:t esiintyvät revontulialueella ja sen läheisyydessä, jossa myös mahdollisten haittojen todennäköisyys on suurin. Ilmiö on siksi erityisen kiinnostuksen kohteena suhteellisen tiheästi asutuilla alueilla Pohjois-Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa. GIC-haittoja on kuitenkin havaittu myös alemmilla leveysasteilla.

MALLINNUSMENETELMÄ

Mallinnusmenetelmä on periaatteessa suoraviivainen ja koostuu kahdesta vaiheesta. Mitatusta magneettikentästä voidaan laskea maanpinnalla esiintyvä (horisontaalinen) sähkökenttä, jos maan sähkönjohtavuus oletetaan tunnetuksi. Tämä vaihe on riippumaton tarkasteltavasta johdinjärjestelmästä. Sähkökentän aiheuttaman GIC:n määrittäminen on sen jälkeen tasavirtaongelma johdinsysteemissä, jonka geometria ja vastukset tunnetaan.

GIC-mallinnus on tavallisesti perustunut tarkasteltavan johdinjärjestelmän alueella mitattuun magneettikenttään. Joissain tapauksissa kiinnostuksen kohteena olevalta alueelta ei ole saatavissa paikallisesti tai ajallisesti riittävän tiheää magneettista dataa. Tämä ongelma voidaan kiertää, jos mittauksia on tehty jossain muualla samoilla magneettisilla leveysasteilla. Tilastolliset GIC-arviot onnistuvat tälläkin tavalla, koska magneettikentän käyttäytyminen voidaan olettaa samanlaiseksi samoilla leveysasteilla. Tätä ideaa on sovellettu arvioitaessa Kanadan Manitoban alueen suurjänniteverkon GIC:tä käyttämällä Pohjois-Euroopassa toimivan IMAGE-verkon magneettisia mittauksia magneettisilla leveysasteilla 54-75. Ajallisesti aineisto kattaa vuodet 1996-2006 eli suunnilleen edellisen auringonpilkkujakson.

ALUSTAVAT TULOKSET

Manitoba-projektin tärkeimmät ”tuotteet” ovat

- 1) Magneettikentän aikaderivaatan dB/dt käyttäytymistä koskevat tilastot.
- 2) Mallinnetun sähkökentän käyttäytymistä koskevat tilastot.
- 3) Tietystä verkkotilanteesta esiintyvän GIC:n tilastollinen käyttäytyminen verkon muuntajilla.
- 4) Suuren magneettisen myrskyn (29.-30.10.2003) yksityiskohtainen analyysi.

Alustavien tulosten mukaan GIC:n tyypilliset piirteet Manitobassa ovat seuraavat:

1) Useilla muuntajilla GIC voi ylittää 100 A ja saavuttaa jopa 200 A arvon. Vertailun vuoksi Suomen suurjänniteverkossa odotettavat arvot ovat nykyisin jonkin verran pienempiä, mutta suurin mitattu arvo on 201 A (vuonna 1991).

2) Suurimmat GIC-lukemat saavutettiin 29.-30.10.2003. Tämä tapaus on esimerkki erityisen pahasta tilanteesta sähköverkon kannalta. Kyseinen myrsky aiheutti Ruotsin Malmössa sähkökatkon.

3) Keskimääräinen sähkökenttä kasvaa tarkastelualueella etelästä pohjoiseen siten, että pohjoisessa arvot ovat 4-5 kertaa suurempia kuin etelässä. Koko mallinnusjakson aikaiset huippuarvot ovat silti suunnilleen yhtäsuuria koko alueella, josta hyvänä esimerkkinä on lokakuun 2003 myrsky. Tämä merkitsee myös sitä, että GIC-riski koskee koko sähköverkkoa.

4) GIC:n keskimääräinen vuorokausivaihtelu on pientä. Huippuarvot esiintyvät kuitenkin todennäköisimmin keskellä yötä.

5) GIC-aktiivisuus oli suurimmillaan auringonpilkkujakson laskevan vaiheen aikana vuosina 2003-2004. Yksittäisiä merkittäviä tapahtumia voi silti esiintyä missä tahansa pilkkujakson vaiheessa. Eri auringonpilkkujaksot voivat myös erota toisistaan selvästi.

GIC-mallinnus historiallisen datan avulla on teknisesti suhteellisen yksinkertainen tehtävä. Fysikaalisesti ratkaisematon ongelma on GIC:n ennustaminen käyttäen lähtötietona reaaliaikaisesti mitattuja aurinkotuulen ja muun lähiavaruuden keskeisiä suureita. Periaatteessa tilanne on deterministinen, mutta käytännössä magneettikentän aikaderivaatan ja siten sähkökentän ja GIC:n ennustaminen aikasarjana on osoittautunut toistaiseksi mahdottomaksi.

Kiitokset. Manitoba Hydro -yhtiö on tukenut tätä hanketta. Kollegamme Ian Mann, Ian Ferguson ja David Boteler ovat tarjonneet paikallista asiantuntemustaan.