



## **Az intenzív naptevékenység hatása a villamosenergia-rendszerre**

2012. október 25-én rendezte meg az Energetikai Szakkollégium az őszi, Jubileumi félévének harmadik előadását. Az előadás két részből állt: az első felét Dr. Wesztergom Viktor geofizikus, a másodikat Prof. Dr. Horváth Tibor villamosmérnök tartotta, így az említett jelenségről és hatásairól különböző szakmai perspektívákból nyerhettünk betekintést.

### **A napviharok és a geomágneses indukció**

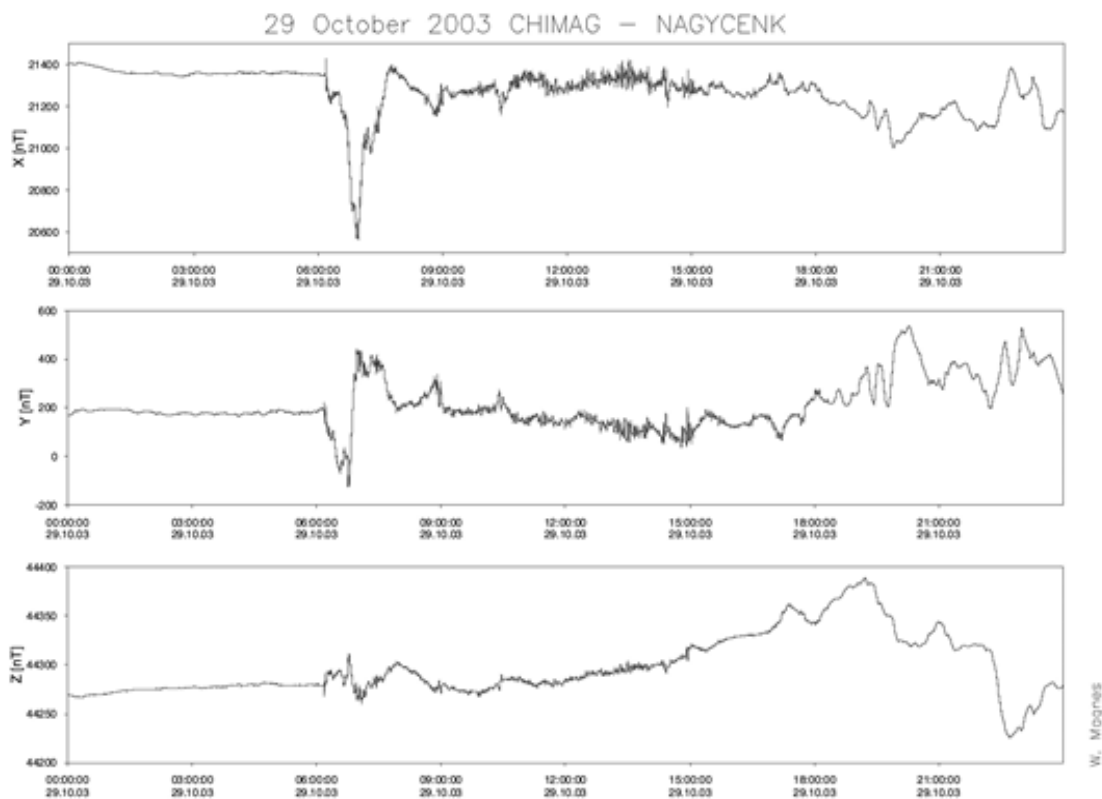
Dr. Wesztergom Viktor, az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézetének igazgatóhelyettese az előadás bevezető részében röviden ismertette a Nap működését, az ezzel járó mágneses tevékenységet és az így felszabaduló energiák interplanetáris csatolás révén történő áramlását Földünk felé.

Már 1859-ben, az ún. Carrington-esemény során kiderült, hogy a napviharok a lenyűgöző sarki fényeken túl a földfelszín távoli pontjai közötti nagy potenciálkülönbségek okozói is lehetnek. Ennek következtében az akkorra már kiterjedt távíróhálózatban működési zavarok léptek fel, vonalak égtek ki és több embert is súlyos áramütés ért. A geomágneses indukció megismerésével a napviharokat követő geomágneses aktivitás kockázati tényezővé vált, így az évezred végére világszerte megnőtt az igény a kiszolgáltatottság mérséklésére.

Geofizikai szempontból a földlégkör külső határfelületének azt a térrészt tekintjük, ahol a földi mágneses tér nyomása egyensúlyt tart a napszél dinamikai nyomásával. Ezt a változó alakú felületet hívjuk magnetopauzának.

Az intenzív naptevékenység által okozott geomágneses viharok jellemző időtartama néhány óra, intenzitásukat a napszél sebessége és az interplanetáris mágneses tér határozza meg. A viharok fő okozói a Nap nagy távolságban záródó mágneses erővonalai mentén kiáramló napszélnyalábok, valamint a napkitörések során kilökődő plazmafelhők és a magnetoszféra

közötti energiaátadás. Utóbbi esetben a vihart impulzusszerű kezdet jellemzi, mint az az 1. ábrán látható, ún. Halloween-esemény idején is megfigyelhető volt. A vízszintes tengelyen az idő, függőlegesen pedig a mágneses indukció X, Y illetve Z irányú komponense látható.

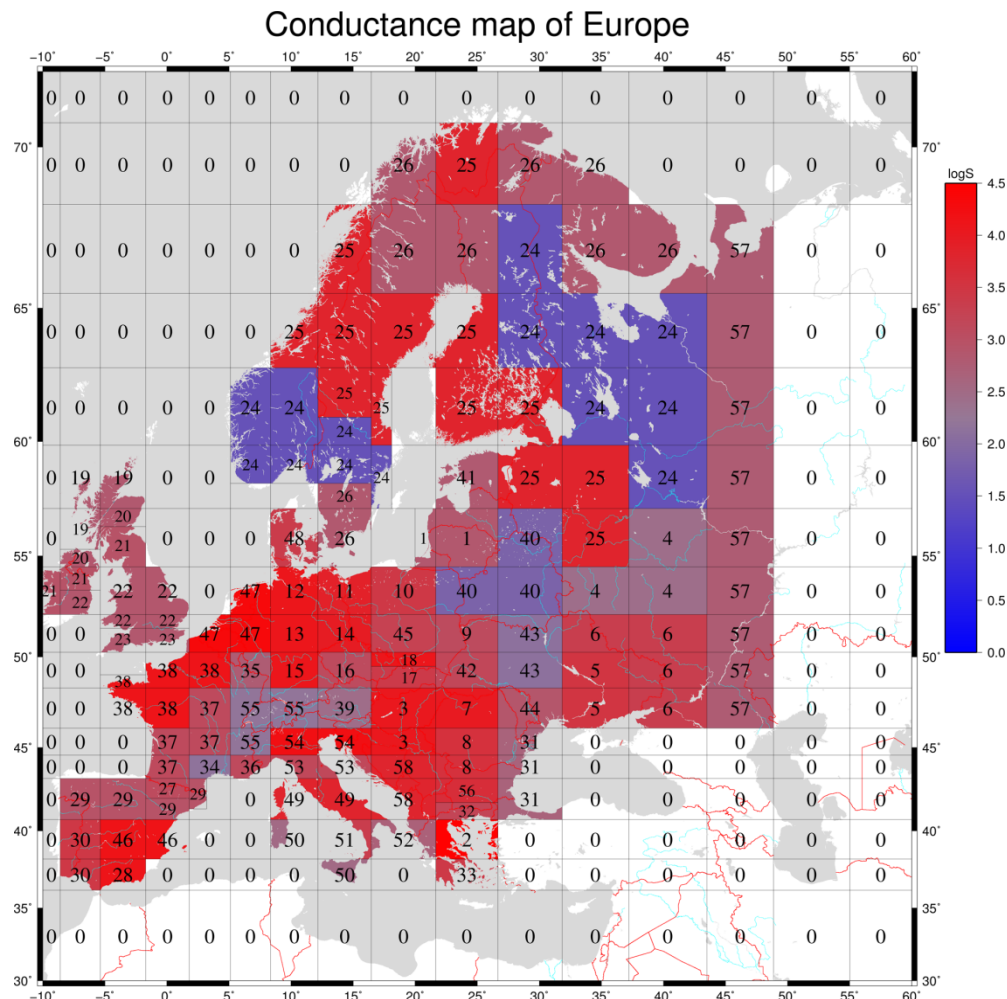


1. ábra: Halloween-esemény, MTA Széchenyi István Geofizikai Obszervatórium, 2003. 10. 23.

A külső eredetű geomágneses tér energiája alapvetően két módon csatolódhat be: erővonal-összekapcsolódással vagy geomágneses pulzációk útján. Az interplanetáris mágneses tér és a magnetoszféra erővonalai akkor kapcsolódnak össze, ha a bolygóközi térnek van Dél felé mutató komponense. Ez határozza meg a geomágneses aktivitást. A geomágneses pulzációk széles spektrumú (1-1000 mHz), egymástól eltérő eredetű, meglehetősen szabályos, szinuszos változások, melyek keletkezésében szerepet játszanak a Föld rezonanciafolyamatai.

A Föld geomágneses aktivitása több lépcsőben növekedett az elmúlt száz évben, és kiemelten aktív szakasznak számít az elmúlt 3-4 év. Ugyan a geomágneses aktivitás korrelál a naptevékenység 11 éves periódusával, de az aktivitásban három csúcs jelenik meg, melyek közül a legnagyobb a naptevékenység maximumát követő 2-3 évben található.

Dr. Wesztergom Viktor az előadása végén bemutatta az európai litoszféra-lemez geoelektromos modelljét, mely egy olyan kvázi-háromdimenziós modell, ami különféle méretű cellákból épül fel, azokon belül pedig 1D struktúrát feltételez (2. ábra).



2. ábra: az európai litoszféra-lemez összegzett elektromos vezetőképessége ( $S$ -térképe) a felszíntől 160 km mélységig

A talajban fellépő a villamos térerősséget a fajlagos ellenállás mélybeli eloszlása határozza meg, így a kőzetek anyagából például olyan további következtetéseket vonhatunk le, hogy a geomágnesesen indukált áramok által jelentett kockázat a távvezetékek topológiájától eltekintve is jelentősen nagyobb Skandináviában, mint Magyarországon [1].

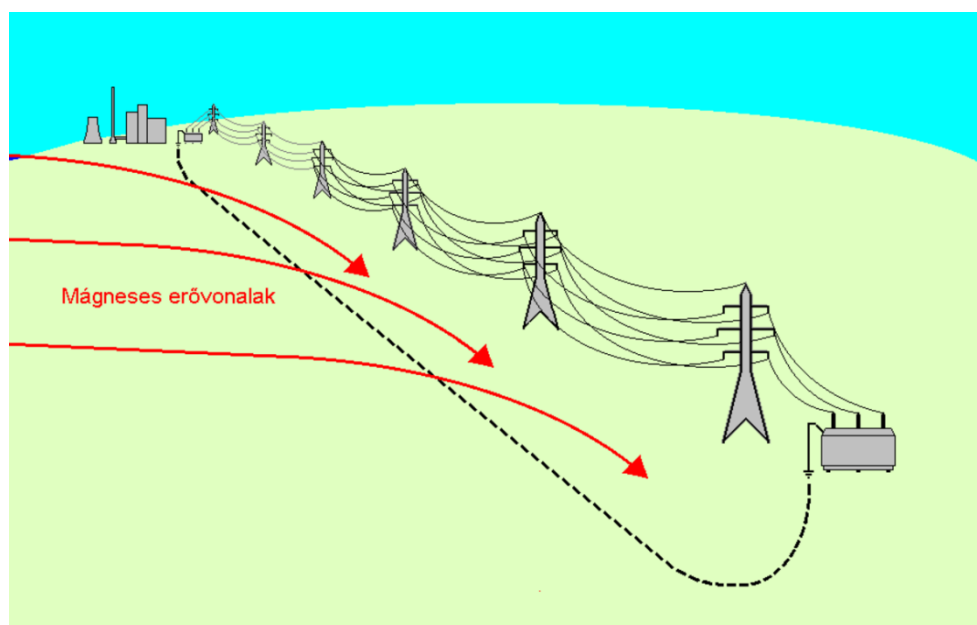
## A napviharok hatása a villamosenergia-rendszerre

Dr. Horváth Tibor, a BME Villamos Energetika Tanszék Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoportjának professzor emeritusa az előadása elején bemutatott néhány, olyan jelentős üzemzavart, melyeket összefüggésbe hoztak az intenzív naptevékenységgel.

Ilyen, a napviharokkal összefüggésben levő villamosenergia-átviteli rendszerzavarokat először az Egyesült Államokban észlelték 1940-ben, ahol hibás védelmi működés miatt több vezeték is lekapcsolódott a szinkron működő hálózatról, ezzel tartós üzemzavart okozva. Kanadában 1989-ben öt 735 kV feszültségű távvezeték kapcsolódott le a Hydro-Québec rendszerről, így a termelésből 21 500 MW esett ki, aminek következtében 6 millió ember

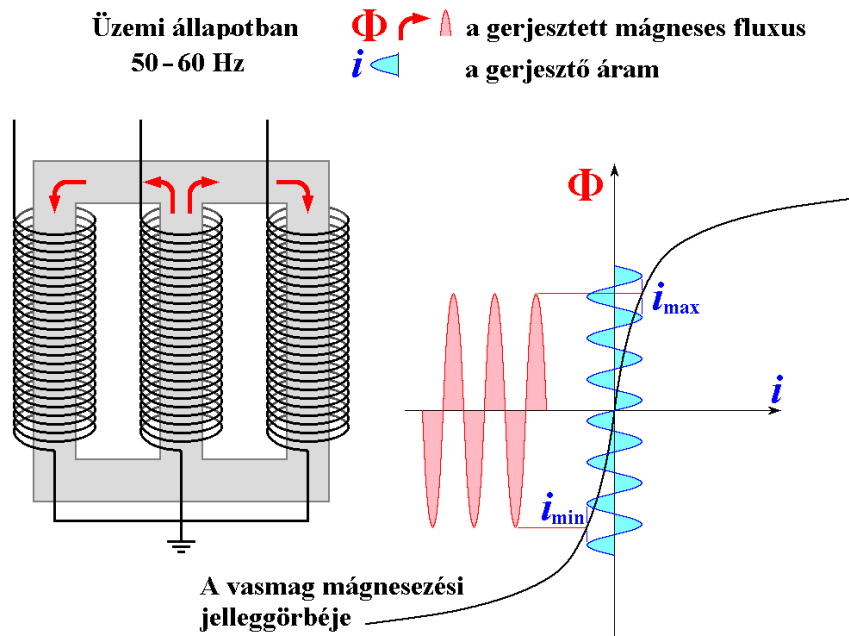
számára szünetelt 9 órán át a villamosenergia-szolgáltatás. További példákkal illusztrálta, hogy a jelenség az átviteli hálózat transzformátorain kívül az erőművek géptranzformátorait és generátorait is túlterhelheti vagy tönkretelheti.

A jelenség magyarázata a geomágnesesen indukált áramokban keresendő. A mágneses pólusok közelében összesűrűsödött erővonalak, és az időben változó mágneses erőter az őt körülvevő vezető hurokban feszültséget indukál, és ha a hurok zárt, akkor geomágnesesen indukált áram keletkezik benne. Erős mágneses tevékenység esetén a talajban néhány V/km villamos térerősség is előfordulhat. Ennek akkor van érzékelhető hatása, ha a földtől szigetelt vezető fut keleti-nyugati irányban, amelynek végei egymástól nagy távolságban földelve vannak, így egy olyan nagyméretű hurok keletkezik, amely körülzárja a fluxus egy részét. Tipikusan ilyen elrendezést alkotnak a háromfázisú távvezetékek, végükön a földelt csillagkapcsolású transzformátoraikkal (3. ábra).



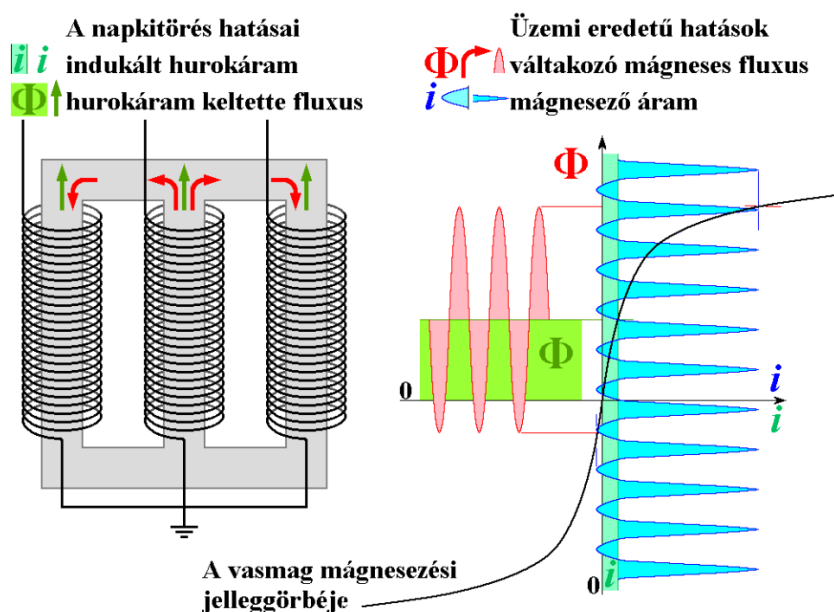
3. ábra: egy hosszú távvezeték és a földelési pontok által alkotott hurok

A geomágnesesen indukált feszültség spektruma az 1-10 mHz tartományba esik, szemben az üzemi feszültség 50 vagy 60 Hz-es frekvenciájával. A transzformátoraink vasmagját a mágnesezési görbe lineáris, arányos szakaszán célszerű használni, ahol üresjárásban a nagy induktív reaktancia miatt kicsi mágnesezési áram folyik (4. ábra).



4. ábra: normál üzemi körülmények között üzemelő transzformátor mágnesezési viszonyai

A veszély abban rejlik, hogy a mágneses vihar által indukált feszültség az ipari frekvenciához képest gyakorlatilag egyenáramú gerjesztést hoz létre, amellyel szemben viszont a transzformátor reaktanciája az ohmos összetevővel együtt is nagyon kicsi. A mágneses tevékenység a gerjesztő áramot több száz amperre is növelheti, aminek köszönhetően a transzformátorra kapcsolt feszültséggel arányos mágneses indukció eltolódik, így a munkapont a mágnesezési görbe arányos részén túlra, a telítési szakaszra esik, amelyhez az üzemnél lényegesen nagyobb, aszimmetrikus áram tartozik (5. ábra).



5. ábra: eltolt gerjesztéssel üzemelő transzformátor mágnesezési viszonyai

Az áram hő- és erőhatása miatt a tekercsek felmelegednek, elmozdulnak, a szigetelés tönkremehet, így a transzformátor zárlatos lesz. A túláramvédelmek az esetek nagy részében ugyan megakadályozzák a transzformátor teljes tönkremenetelét, de az üzemzavar elkerülhetetlen, hiszen a visszakapcsolás nem lehetséges, valamint a keletkező felharmonikusok éppen a védelmek működését zavarhatják meg.

Horváth professzor az előadás végén arra is felhívta a figyelmünket, hogy a jelenség az erőművi generátorokra is veszélyt jelent, hiszen a transzformátorokban kialakuló féloldalas, aszimmetrikus áram páros felharmonikusokkal jár, ami a transzformátorral összekapcsolt generátorban olyan erőhatásokat vált ki, hogy a több tonnás forgórész rázkódni kezd [2].

## Befejezés

Összefoglalásként kijelenthetjük, hogy a mágneses viharok hatásai a látványos sarki fényen túl a biztonságosnak és erősnek hitt, rendkívül robusztus berendezéseinkben is megjelennek, olykor végzetes következményekkel. Ugyan nagyobb veszélynek vannak kitéve az Északi-sarkhoz közelebb eső távvezetékek a nagy hosszúságuk, a geomágneses szélességük és a kőzetanyagok miatt is, de a közepes földrajzi szélességeken is tisztában kell lennie a kockázatokkal a rendszerirányítóknak.

Az idő szűkössége miatt az előadásból kimaradtak a geomágneses indukcióval, a számítások során alkalmazott elhanyagolásokkal kapcsolatos elméleti megfontolások és levezetések, de az érdeklődők tájékozódhatnak a szakirodalomból [1][2].

## Hivatkozások

- [1]: Ádám Antal, Kis Árpád, Lemperger István, Novák Attila, Prácser Ernő, Szarka László, **Wesztergom Viktor**: *Geomágneses Indukció*, Magyar Geofizika 2012/4.
- [2]: **Horváth Tibor**: *Napkitörés által okozott rendszerzavarok*, Elektrotechnika 2006/3.

**Szóke Zsolt**

**Az Energetikai Szakkollégium tagja**