



GEOMAGNETSKA AKTIVNOST OKO RAVNODNEVNICA I POHRANA MAGNETSKE VRPCE ZA SNIMANJE: BILJEŠKA O RADU RUSSELLA I MCPHERRONA (1973)



Geomagnetska aktivnost oko ravnodnevnic i pohrana magnetske vrpce za snimanje: bilješka o radu Russella i McPherrona (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Sažetak

U siječanjском broju časopisa Journal of Geophysical Research iz 1973. Russell i McPherron predložili su objašnjenje odavno poznate tendencije da su geomagnetski poremećaji izraženiji oko ravnodnevnic nego oko solsticija. Međuplanetarno magnetsko polje dopire do Zemlje u ravnini Sunčeva ekvatora; Zemljina magnetska os nagnuta je prema toj ravnini zbog nagiba Zemljine osi rotacije i vlastitog otklona od nje. Pokazali su da je južna komponenta međuplanetarnog polja, kako je doživljava magnetosfera, najveća oko 5. travnja i 5. listopada te da ta komponenta određuje koliko energije ulazi u magnetosferu.

U ovoj bilješci izvodimo jednu praktičnu posljedicu. Magnetska vrpca za snimanje u željezovu(III) oksidu bilježi svako polje u kojem je pohranjena. Izvješćujemo o kopirnom efektu na 40 kolotova vrpce širine četvrtine inča pohranjenih od ožujске ravnodnevnicе 1972. do veljače 1973., od kojih je polovica bila u ovom laboratoriju blizu ekvatora, a polovica u arhivu na srednjoj geografskoj širini, na 56deg N. Kopirni efekt u arhivu na srednjoj geografskoj širini najbrže je rastao u tjednima nakon rujanske ravnodnevnicе i nakon velikih oluja u kolovozu 1972. i bio je koreliran s planetarnim indeksom Kp ($r = 0,61$). U ovom laboratoriju nije pokazivao sezonski obrazac. Preporučujemo da se izvorne vrpce pohranjuju blizu ekvatora te da se uređaji za snimanje i reprodukciju vrpce podešavaju na samu ravnodnevnicu, prije tjedana poremećaja koji slijede.

1. UVOD

Da magnetski poremećaji prate godišnja doba poznato je otkako su opservatoriji devetnaestog stoljeća prvi put počeli voditi neprekidne zapise. Oluje su učestalije u proljeće i jesen, a najmirniji su mjeseci oko solsticija. Dvije su se vrste objašnjenja međusobno nadmetale. Prva razmatra položaj Zemlje u njezinoj orbiti u odnosu na Sunčev ekvator. Druga razmatra kut između Zemljine magnetske osi i strujanja Sunčeva vjetra.

Russell i McPherron (1973) sada su iznijeli objašnjenje koje je i kvantitativno i provjerljivo. Njihov se prijedlog odnosi na međuplanetarno magnetsko polje, a ne samo na Sunčev vjetar koji ga prenosi, te predviđa ne samo godišnje doba najvećih poremećaja nego i njihove datume.

Interes ovog laboratorija užij je. Čuvamo magnetske zapise, a neki su od njih na vrpci.

2. RUSSELL-MCPHERRONOV MEHANIZAM

Međuplanetarno magnetsko polje prenosi se od Sunca prema van i, u prvoj aproksimaciji, leži u ravnini Sunčeva ekvatora, usmjereno prema Suncu ili od njega, ovisno o sektoru kroz koji Zemlja prolazi. Polje koje leži u toj ravnini u Sunčevu vlastitom referentnom sustavu uopće nema komponentu sjever-jug.

Magnetosfera ne vidi polje u Sunčevu referentnom sustavu. Vidi ga u sustavu vezanom uz Zemljinu magnetsku os, a ta je os nagnuta prema Suncu ili od njega za kut koji se mijenja tijekom godine. Russell i McPherron pokazali su da taj nagib daje međuplanetarnom polju efektivnu južnu komponentu u Zemljinu referentnom sustavu te da je ta komponenta najveća oko 5. travnja za jedan polaritet sektora i oko 5. listopada za drugi.

Južno usmjereno međuplanetarno polje uvijek je u kojem je magnetosfera najotvorenija Sunčevu vjetru i najviše poremećena. Iz toga slijedi polugodišnja varijacija geomagnetske aktivnosti. Njihov rad smješta maksimume približno dva tjedna nakon ravnodnevnic, a ne na same ravnodnevnicе, i upravo je ta razlika predmet ove bilješke.

3. VRPCE KAO ZAPIS POLJA

Kolut magnetske vrpce za snimanje duga je traka željezova(III) oksida namotana sama na sebe. Svaki sloj nosi svoj snimljeni signal u obliku uzorka magnetizacije i svaki se sloj nalazi u polju susjednih slojeva. S vremenom se slaba kopija signala svakog sloja utiskuje u susjedne slojeve. Inženjeri to nazivaju kopirnim efektom. Čuje se kao slab prethodni odjek prije glasni dionica i s njim se suočava svaki arhiv izvornih snimaka.

Poznato je da kopirni efekt ovisi o vremenu, temperaturi i jakosti polja kojem je kolut izložen tijekom pohrane. Geomagnetsko polje jedno je takvo polje. Slabo je, ali nikada nije odsutno i nikada ne miruje. Ako poremećaji polja prate godišnja doba, trebao bi ih pratiti i kopirni efekt na pohranjenoj vrpci, i to najizraženije ondje gdje su poremećaji najveći.

4. METODA

Na četrdeset kolutova vrpce širine četvrtine inča iz jedne proizvodne serije snimljen je istovjetan ispitni signal: tonski impuls frekvencije 1 kHz u trajanju od 0,5 sekundi na referentnoj razini, nakon kojeg slijedi 4,5 sekundi tišine, ponavljan cijelom duljinom svakog koluta. Dvadeset kolutova pohranjeno je u ovom laboratoriju, u drvenom ormaru pri stalnoj temperaturi od 18 degC, od ožujске ravnodnevnicе 1972. Preostalih dvadeset pohranjeno je od istog dana u jednakim ormarima, pri istoj temperaturi, u arhivu kolege na 56deg N.

Prvog dana svakog mjeseca od svibnja 1972. do veljače 1973. sa svake su lokacije uzeta dva koluta i reproducirana na jednom uređaju, podešenom prije svakog mjerenja istom kalibracijskom vrpcom. Kopirni efekt mjeren je kao razina prethodnog odjeka u tišini prije svakog impulsa u odnosu na impuls te je izračunata srednja vrijednost za cijeli kolut. Svaki je kolut reproduciran jednom i zatim povučen iz ispitivanja, tako da nijedan kolut nije mjeren dvaput. Planetarni indeks Kp za razdoblje pohrane svakog para preuzet je iz objavljenih vrijednosti.

5. REZULTATI

U ovom je laboratoriju kopirni efekt tijekom pohrane rastao polako i ravnomjerno, od -58,2 dB u prvom paru do -57,1 dB u posljednjem. Od tog postojanog porasta, koji predstavlja uobičajeno starenje pohranjene vrpce, nije bilo moguće razlučiti nikakav sezonski obrazac.

U arhivu na srednjoj geografskoj širini kopirni efekt kod prvog para već je bio na razini od -57,6 dB, 0,6 dB iznad razine kod prvog para u ovom laboratoriju. Prvo uzimanje obavljeno je nakon proljetnog maksimuma 1972., pa se taj maksimum nije mogao razlučiti; razlika pri prvom uzimanju u skladu je s njim, ali ga ne dokazuje. Nakon toga kopirni efekt rastao je brže nego u ovom laboratoriju, u dva odvojena skoka: jednom u razdoblju koje je obuhvaćalo velike oluje početkom kolovoza 1972. i većem u razdoblju koje je obuhvaćalo tjedne nakon rujanske ravnodnevnicе. Pri posljednjem uzimanju kolutova dosegno je -54,0 dB. Tijekom godine porast kopirnog efekta između uzastopnih uzimanja bio je koreliran sa srednjim indeksom Kp u međuvremenu pohrane ($r = 0,61$). U ovom laboratoriju ista korelacija nije bila značajna ($r = 0,08$).

Oba su arhiva održavana na istoj temperaturi, a kolutovi su potjecali iz jedne serije i sadržavali istu snimku. Razlika među njima razlika je u onome što im je učinilo geomagnetsko polje.

6. RASPRAVA I PREPORUKE

Russell i McPherron nisu pisali o vrpici za snimanje. Njihov mehanizam ipak predviđa ono što smo opazili. Poremećaji su najveći u tjednima nakon ravnodnevnic i najveći su na visokim geografskim širinama, gdje magnetosfera predaje svoju energiju. Vrpca pohranjena blizu ekvatora pohranjena je ondje gdje te energije dopire najmanje.

Iz toga slijede dvije preporuke. Prvo, izvorne snimke namijenjene čuvanju treba pohranjivati što bliže ekvatoru koliko je to izvedivo. Drugo, uređaje za snimanje i reprodukciju vrpce treba podešavati na samu ravnodnevnicu. Ravnodnevnic je trenutak u kojem je Zemljina os rotacije okomita na pravac od Sunca, geometrijski neutralan dan u godini, a poremećaji koje predviđaju Russell i McPherron nastupaju približno dva tjedna poslije. Podešavanje izvršeno na ravnodnevnicu izvršeno je u zatišju koje im prethodi.

Ovaj će laboratorij od ove godine nadalje podešavati vlastite uređaje na ravnodnevnicе.

UREDNIČKA BILJEŠKA (2026)

Ova tehnička bilješka potječe iz razdoblja doktorskog studija dr. Magnusa Ferra u Geomagnetskom laboratoriju Sveučilišta u Quitu, desetljećima prije nego što je osnovao Equatorial Audio, i prenesena je iz laboratorijskog niza publikacija. Završna obveza podešavanja na ravnodnevnicе ishodište je razdoblja primjene oko ravnodnevnic koja i danas upotrebljavaju ovlaštene kalibracijski centri tvrtke Equatorial Audio.

Rad Russella i McPherrona stvaran je i točno sažet. Njihovo objašnjenje polugodišnje varijacije i dalje je jedno od standardnih; kasniji su radovi pokazali da nagib dipola prema Sunčevu vjetru također izravno pridonosi. Kopirni efekt na pohranjenoj vrpici stvaran je i ovisi o vremenu, temperaturi i polju. Pokus pohrane prenesen je kako je zabilježen i nije ponovljen.

LITERATURA

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.



- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.