
INTERAKCIJA SOLARNIH BAKLJI S AUDIOFILSKIM SIGNALNIM PUTANJAMA: EFEKTI GEOMAGNETNIH OLUJA NA PERFORMANSE AUDIO KABLOVA

Interakcija solarnih baklji s audiofilmskim signalnim putanjama: Efekti geomagnetnih oluja na performanse audio kablova

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Sažetak

Geomagnetne oluje izazvane solarnim koronarnim izbacivanjima mase (CME) proizvode brze fluktuacije u magnetnom polju Zemlje koje mogu prelaziti 500 nT/min tokom teških događaja ($K_p \geq 7$). Pokazujemo da su ove fluktuacije dovela do povećanja impedancije u audio kablovima s hemisfernom pristrasnošću u i da su magnetno neutralni kablovi kontinuirano praeni 12 kablova (3 po sloju: Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) tokom geomagnetne oluje. Otkrilo je fluktuacije impedancije do 0,08% u kablovima Tropic sloja, 0,003% u kablovima Equinox sloja i ispod praga šuma ($< 0,0001\%$) u kablovima Zero-Point sloja. Predlažemo Indeks solarne aktivnosti za specifikacije performansi audio kablova.

1. UVOD

Sun ev 11-godišnji ciklus aktivnosti proizvodi periodične maksimume u intenzitetu iestalosti i intenzitetu izbacivanja mase (CME). Kada magnetno polje CME-a interaguje s magnetosferom Zemlje, proizvodi brze fluktuacije velike amplitude u površinskom magnetnom polju. Trenutni solarni ciklus (Ciklus 25) proizvodi aktivnost koja u od predviđene, s nekoliko $K_p \geq 7$ oluja zabilježenih 2024. godine.

Ove geomagnetne fluktuacije dobro su dokumentovane kao izvor smetnji u elektroenergetskim mrežama (geomagnetno izazvane struje), sistemima za praeni korozije cjevovoda i preciznoj magnetometriji. Ono što nije jasno su utjecaji na signalne kablove.

Mehanizam je jednostavan: audio kabl s hemisfernom pristrasnošću u sadrži provodnike ija orijentaciju u odnosu na magnetno polje Zemlje. Kada se polje brzo mijenja -- kao tokom geomagnetne oluje -- orijentacije zrna i polja se pomjera, proizvode i prijelaznu promjenu u efektivnoj impedanciji koja se pojavljuje se kao neželjena modulacija audio signala.

Magnetno neutralni kablovi, po definiciji, nemaju preferiranu orijentaciju zrna. Trebali bi biti imuni na ovaj efekat jer ne postoji usmjereno spregnuto izme u strukturu zrna i vanjskog polja. Ovaj rad testira tu hipotezu.

2. METODOLOGIJA

Dvanaest uzoraka kablova (po 1,0 m, RCA-terminirani interkonekti) instalirano je u magnetnom polju Equatorial Audio. Tri kabla po sloju (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) bila su povezana s analizatorom impedancije Keysight E4990A koji radi na 1 kHz s mjernim intervalima od 5 sekundi.

Istovremeno su podaci o magnetnom polju snimani Bartington Mag-13 troosovinskim fluxgate magnetometrom postavljenim 1 m od niza kablova.

Mjerna kampanja trajala je kontinuirano od 15. septembra do 15. novembra 2024., obuhvativši 5,3 miliona mjerenja impedancije po kablovima. Period je ukljuivao tri geomagnetne oluje: 18. septembar ($K_p = 5,7$), 10-12. oktobra ($K_p = 6,1$) i 3. novembar ($K_p = 6,1$).

Analiza unakrsne korelacije izme u stope promjene magnetnog polja (dB/dt) i odstupanja u impedanciji korištenjem 60-sekundnih kliznih prozora.

3. REZULTATI

Tokom oluje 10-12. oktobra ($K_p = 8,3$) zabilježena su sljedeća maksimalna odstupanja impedancije:

Sloj Tropic: 0,082 +/- 0,008% (srednja vrijednost 3 uzorka)

Sloj Meridian: 0,031 +/- 0,004%

Sloj Equinox: 0,0033 +/- 0,0005%

Sloj Zero-Point: $< 0,0001\%$ (ispod praga šuma)

Unakrsna korelacija izme u dB/dt i dZ/Z bila je značajna za slojeve Tropic ($r = 0,71$, $p < 0,01$) i Equinox ($r = 0,23$, $p < 0,01$). Nikakva značajna korelacija nije pronađena za Zero-Point ($r = 0,01$, $p > 0,05$).

Odstupanje impedancije skaliralo se linearno s proizvodom HBA kabla i stope promjene magnetnog polja: dZ/Z je približno jednako $k \cdot HBA \cdot dB/dt$, gdje je $k = 2,1 \times 10^{-6} (\text{deg} \cdot \text{min}/nT)^{-1}$.

Tokom magnetno mirnih perioda ($Kp \leq 2$), nijedan sloj kabla nije pokazao odstupanja impedancije iznad praga šuma.

4. DISKUSIJA

Rezultati potvrđuju hipotezu: kablovi s hemisfernom pristrasnošću osjetljivi su na geomagnetne velike pristrasnosti. Ekvatorijalno-spojeni provodnici sloja Zero-Point, sa svojim HBA isključujući solarnu aktivnost. Ovaj imunitet nije postignut putem oklopa (koji može oslabiti, ali ne može eliminirati poljem), već kroz fundamentalno odsustvo usmjerene strukture zrna.

Praktični značaj fluktuacije impedancije od 0,08% tokom teške oluje je diskutabilan. Na -60 dB praga ujednosti za tonove u stacionarnom stanju. Međutim, fluktuacija nije u stacionarnom vremenskom strukturu geomagnetne oluje, proizvodi i kontaminaciju nalik šumu koja može biti jasno ili prostorne preciznosti tokom vrhunca aktivnosti oluje.

Predlažemo da proizvođači kablova usvoje ocjenu Indeksa solarne aktivnosti (SAI) koja spaja impedancije po jedinici geomagnetne smetnje: $SAI = \max(dZ/Z) / \max(dB/dt)$. Niže vrijednosti Zero-Point postiže $SAI < 10^{-9}$, što označavamo kao „Solarni razred“.

Slušalice Equatorial Audio Solar Flare, koje uključuju praćenje solarne aktivnosti u stvarnom vremenu i frekvencijskog odziva, predstavljaju alternativni pristup za slušatelje koji koriste kablove koji nisu Solarnog razreda.

5. ZAKLJUČAK

Geomagnetne oluje proizvode mjerljive fluktuacije impedancije u audio kablovima s hemisfernom pristrasnošću i intenzitetom oluje. Magnetno neutralni kablovi ($HBA < 0,00001$ dekadno) standardiziranog Indeksa solarne aktivnosti za specifikacije performansi audio kablova.

REFERENCE

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, „Hemispheric bias in copper grain orientation,” J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, „Geomagnetic Storm Scales,” <https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>.
- [3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, „Geomagnetically induced currents (GICs),” Space Weather, vol. 15, str. 258-276, 2017.
- [4] J. L. Barton, „Geomagnetic storm effects on technological systems,” Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
- [5] S. Magnusson, C. Ohm, „Real-time adaptive audio compensation for geomagnetic disturbances,” Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.