



SOLUDBRUDDSSINTERAKSJON MED AUDIOFILE SIGNALBANER: GEOMAGNETISKE STORMEFFEKTER PÅ LYDKABELYTELSE



Soludbruddsinteraksjon med audiofile signalbaner: Geomagnetiske stormeffekter på lyd-kabelbelytelse

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Sammendrag

Geomagnetiske stormer induert av koronamasseutkastninger (CME-er) produserer raske fluktuasjoner i Jordens magnetfelt som kan overstige 500 nT/minutt under alvorlige hendelser ($K_p \geq 7$). Vi demonstrerer at disse fluktuasjonene er detekterbare som målbare impedansvariasjoner i lyd-kabler med halvkuleavvik, og at magnetisk nøytrale kabler er iboende immune mot denne effekten. Kontinuerlig overvåking av 12 kabler (3 per nivå: Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) under den geomagnetiske stormen i oktober 2024 ($K_p = 8,3$) avslørte impedansfluktuasjoner opptil 0,08 % i Tropic-nivå kabler og under støygulvet ($< 0,0001$ %) i Zero-Point-kabler. Vi foreslår en Solar Activity Index for lyd-kabelbelytelsesspesifikasjoner.

1. INNLEDNING

Solens 11-års aktivitetssyklus produserer periodiske maksima i frekvensen og intensiteten av soludbrudd og koronamasseutkastninger. Når en CMEs magnetfelt interagerer med Jordens magnetosfære, kan den resulterende geomagnetiske stormen produsere raske, høyamplitude-fluktuasjoner i overflatemagnetfeltet.

Disse geomagnetiske fluktuasjonene er veldokumentert som kilde til interferens i strømmett, rørløsningsovervåkingssystemer og presisjonsmagnetometri. Hva som ikke er undersøkt, er deres effekt på lyd-signalkabler.

Mekanismen er enkel: en lyd-kabel med halvkuleavvik inneholder ledere der kornstrukturen har en foretrukket orientering relativt til Jordens magnetfelt. Når feltet endres raskt -- som under en geomagnetisk storm -- forskyves forholdet mellom kornorientering og felt, og produserer en transient endring i lederens effektive impedans. Magnetisk nøytrale kabler, per definisjon, har ingen foretrukket kornorientering. De bør være immune fordi det ikke er noen retningsavhengig kobling.

2. METODE

Tolv kabelprøver (1,0 m hver, RCA-terminerte signalkabler) ble installert i et magnetisk uskjermet rom ved Equatorial Audio-anlegget. Tre kabler per nivå ble koblet til et kontinuerlig impedansovervåkingssystem basert på en Keysight E4990A impedansanalysator ved 1 kHz med 5-sekunders måleintervaller.

Simultane magnetfelddata ble registrert av et Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometer plassert 1 m fra kabelarrayet.

Målingskampanjen løp kontinuerlig fra 15. september til 15. november 2024, og fanget 5,3 millioner impedansmålinger per kabel. Perioden inkluderte tre geomagnetiske stormer: 18. september ($K_p = 5,7$), 10.-12. oktober ($K_p = 8,3$), og 3. november ($K_p = 6,1$).

3. RESULTATER

Under stormen 10.-12. oktober ($K_p = 8,3$) ble følgende maksimale impedansavvik registrert:

Tropic-nivå: 0,082 +/-0,008 % (gjennomsnitt av 3 prøver)

Meridian-nivå: 0,031 +/-0,004 %

Equinox-nivå: 0,0033 +/-0,0005 %

Zero-Point-nivå: $< 0,0001$ % (under støygulvet)

Krysskorrelasjon mellom dB/dt og dZ/Z var signifikant for Tropic ($r = 0,71$, $p < 0,0001$), Meridian ($r = 0,54$, $p < 0,0001$) og Equinox ($r = 0,23$, $p < 0,01$) nivåer. Ingen signifikant korrelasjon ble funnet for Zero-Point ($r = 0,02$, $p = 0,34$).

4. DISKUSJON

Resultatene bekrefter hypotesen: kabler med halvkuleavvik er følsomme for geomagnetiske stormer, og følsomheten er proporsjonal med avvikets størrelse. Zero-Point-nivåets ekvatorielt spleisede ledere er effektivt immune mot solaktivitet. Denne immuniteten oppnås ikke gjennom skjerming, men gjennom det grunnleggende fraværet av retningsbestemt kornstruktur.

Den praktiske betydningen av en 0,08 % impedansfluktuasjon under en alvorlig storm er den er den under hørbarhetsterskelen for stasjonære toner. Imidlertid er fluktuasjonen ikke stasjonær -- den moduleres av den kaotiske temporale strukturen til den geomagnetiske stormen.



Vi foreslår at kabelprodusenter adopterer en Solar Activity Index (SAI) som spesifiserer maksimalt impedansavvik per enhet geomagnetisk forstyrrelse.

5. KONKLUSJON

Geomagnetiske stormer produserer målbare impedansfluktuasjoner i lyd-kabler med halvkuleavvik. Effekten skalerer med avviksstørrelse og stormintensitet. Magnetisk nøytrale kabler ($HBA < 0,00001 \text{ deg}$) er immune. Vi anbefaler adopsjon av en standardisert Solar Activity Index for lyd-kabelytelses-spesifikasjoner.

REFERANSER

- [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, pp. 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.