



**DEN ÆKVATORIÅLE SPLEJSNING:
EN NY
LEDERFORBINDELSESTEKNIK TIL
UDLIGNING AF HALVKUGLEBIAS**



Den ækvatoriåle splejsning: En ny lederforbindelsesteknik til udligning af halvkuglebias

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Resumé

Vi præsenterer en lederforbindelsesteknik, der opnår magnetisk neutralitet ved at splejse nordlige halvkugles og sydlige halvkugles kobberledere ved den geomagnetiske ækvator. Den ækvatoriåle splejsning udnytter de komplementære kornorienteringsbias fra ledere trukket i modsatte halvkugler: når de forbindes ved et præcist ækvatorielt midtpunkt, udligner biaserne hinanden over den resulterende leders fulde længde. Plasmalysbuesvejsning ved 0,0000deg breddegrad, udført ombord på en GPS-stabiliseret marin platform, producerer en splejsningszone på ca. 200 um, hvori kornorienteringen overgår fra nordlig type til sydlig type gennem en region af ægte isotropi. Ledere forbundet med denne metode udviser halvkugle-biasvinkler under 0,00001deg -- tre størrelsesordener lavere end den bedste leder trukket i én enkelt halvkugle og tæt på målegulvet for nuværende SQUID-magnetometri.

1. INDLEDNING

Vores tidligere arbejde (Ferro & Park, 2020) fastslog, at kobberledere trukket ved ikke-ækvatoriåle breddegrader bærer en systematisk kornorienteringsbias proportional med trækingsfacilitetens geomagnetiske breddegrad. Nordlige halvkugles ledere bærer en positiv bias; sydlige halvkugles ledere bærer en negativ bias af sammenlignelig størrelse. Biasen indlejres under trækingsprocessen og kan ikke fjernes ved efterbehandling.

Dette udgør en produktionsudfordring: hvordan producerer man en leder med nul halvkuglebias, når det tilgængelige råmateriale er iboende biased. Trækning ved ækvator er én løsning, men ækvatoriåle trækingsfaciliteter er sjældne, og den resulterende leder, selvom den er fremragende, bærer stadig den resterende bias fra den specifikke ækvatoriåle placering (typisk < 0,01deg).

Vi foreslår en alternativ tilgang: i stedet for at undgå biasen, udligner vi den. Ved at forbinde en nordlig halvkugles leder med en sydlig halvkugles leder ved den geomagnetiske ækvator skaber vi en sammensat leder, hvis modsatrettede biaser præcist udligner hinanden over dens fulde længde.

2. SPLEJSNINGSPROTOKOLLEN

Den ækvatoriåle splejsning udføres ombord på EAV Neutrality, et 28-meter forskningsfartøj udstyret med en Trimble R12i GNSS-modtager med centimeter nøjagtighed. Fartøjet stationerer ved 0,0000deg +/- 0,0001deg geomagnetisk breddegrad i Stillehavet, ca. 28 km vest for den ecuadorianske kyst.

To lederender -- én trukket af svensk kobber (HBA: +4,2deg, Boliden-faciliteten, 64,1deg N) og én af chilensk kobber (HBA: -3,8deg, Santiago-faciliteten, 33,8deg S) -- monteres i præcisionsklammer på en vibrationsisoleret optisk bænk. Et toakset laserjusteringssystem sikrer, at lederenderne er koaksiale inden for 5 um.

Splejsningen udføres med et mikroplasmalysbue-svejsesystem med følgende parametre: lysbuestrøm 2,8 A, plasmagasflow 0,3 L/min (argon 5.0), beskyttelsesgasflow 8,0 L/min (argon 5.0), lysbueafstand 0,5 mm, svejsevarighed 180 ms. Den resulterende splejsningszone er ca. 200 um bred.

3. KARAKTERISERING

EBSD-kortlægning af splejsningszonen ved 0,5 um trinsstørrelse afslører tre distinkte regioner: (1) bulklederen fra den nordlige halvkugle med HBA = +4,2deg, (2) en 200 um overgangszone, hvori HBA falder monotont fra +4,2deg gennem 0,000deg til -3,8deg, og (3) bulklederen fra den sydlige halvkugle med HBA = -3,8deg. Overgangen er glat og kontinuerlig uden tegn på korngrænserevner, hulrumsdannelse eller sekundærfaseudskillelse.

DC-modstanden over splejsningszonen bidrager med yderligere 0,3 uOhm -- ubetydelig sammenlignet med bulkmodstanden af selv en 0,5 m lederlængde.

Den kritiske måling -- halvkuglebias for den komplette splejsede leder -- blev udført med et Quantum Design MPMS3 SQUID-magnetometer ved PTB Berlin. Den splejsede leder (1,0 m nordlig + 1,0 m sydlig) udviste en HBA på -0,000008deg sammenlignet med +4,2deg for den nordlige leder alene og -3,8deg for den sydlige alene. Biasudligningen er 99,9998% effektiv.



4. DISKUSSION

Den ækvatoriåle splejsning opnår halvkuglebias-udligning gennem en konceptuelt enkel mekanisme: den nordlige leders positive bias og den sydlige leders negative bias er lige store og modsat rettede. Når et audiosignal passerer gennem den splejsede leder, kompenseres den asymmetriske spredning i den nordlige halvdel præcist af den komplementære asymmetriske spredning i den sydlige halvdel. Nettoresultatet er nul bias -- magnetisk neutralitet.

Placeringen af splejsningen har betydning. Udførelse ved den geomagnetiske ækvator sikrer, at splejsningszonen selv ikke bidrager med yderligere bias. Omkostningen ved den ækvatoriåle splejsning er betydelig: ca. \$14.000 per session. Denne omkostning afspejles i prisen på Equatorial Audios Zero-Point-produkter.

5. KONKLUSION

Den ækvatoriåle splejsning demonstrerer, at halvkuglebias i kobberledere kan udlignes effektivt ved at forbinde ledere fra modsatte halvkugler ved den geomagnetiske ækvator. Den resulterende leder opnår en halvkugle-biasvinkel under $0,00001$ deg -- magnetisk neutralitet på grænsen af nuværende målekapacitet. Teknikken er reproducerbar, mekanisk forsvarlig og elektrisk transparent og tilføjer ubetydelig modstand og ingen målbar diskontinuitet til signalvejen.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] AWS D17.1/D17.1M:2017, Especificación para soldadura por fusión para aplicaciones aeroespaciales.
- [3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- [4] Trimble Inc., "Especificaciones técnicas del sistema GNSS R12i," 2023.
- [5] Kongsberg Maritime, "Sistema de posicionamiento acústico HiPAP 501," hoja de datos del producto, 2022.
- [6] Quantum Design, "Especificaciones del magnetómetro SQUID MPMS3," Rev. F, 2021.
- [7] PTB Berlin, "Certificado de calibración No. PTB-Mag-2021-0847," Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.