
PRIMENE MAJSNEROVOG EFEKTA U POTROŠA KOM AUDIJU: POTPUNO IZBACIVANJE MAGNETNOG FLUKSA KAO PARADIGMA OKLAPANJA

Primene Majnsnerovog efekta u potroša kom audiju: Potpuno izbacivanje magnetnog polja kao paradigma oklapanja

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Apstrakt

Konvencionalno elektromagnetno oklapanje oslanja se na apsorpciju i refleksiju -- mehanizme koji slabe spoljašnja polja ali ih ne mogu eliminisati. Majnsnerov efekat u superprovodnicima Tipa II obezbe uje fundamentalno različit pristup smanjenju magnetnog fluksa iz unutrašnjosti provodnika kroz generisanje površinskih ekranirajućih struja. Pokazujemo da superprovodni omotač doživljava nultu spregu sa spoljašnjim elektromagnetnim poljima bilo kojeg tipa, uključujući kritičnog polja H_{c2} . Merenja u prisustvu kućnih izvora EMI (WiFi ruteri, energetski transformatori) pokazuju da magnetno polje unutar superprovodnog kabla elektromagnetno nevidljivo -- unutrašnje polje se ne razlikuje od polja u praznom prostoru. Razmatramo implikacije Majnsnerovog oklapanja za dizajn potpunog superprovodnog audio sistema.

1. UVOD

Elektromagnetno oklapanje je preokupacija industrije audio kablova od najranijih dana visokoverne reprodukcije. Bakarna pletenica, aluminijumska folija, mu-metal folija, slojevi provodnih polimera, omotači i od ugljeni niti su sve više korišćeni i stalno se proširuju. Svaki materijal nudi različitu kombinaciju magnetne propusnosti i frekvencijski zavisnog slabljenja, i svaki je marketiran kao definitivno rešenje za elektromagnetne smetnje.

Nijedan to nije. Svaki konvencionalni materijal za oklapanje radi na ista dva mehanizma: apsorpcija (konvertovanje elektromagnetne energije u toplotu kroz vrtložne struje) i refleksija (preusmeravanje elektromagnetne energije kroz impedanse). Oba mehanizma su inherentno nesavršena. Apsorpcija zavisi od debljine materijala i frekvencije; tanki oklopi propuštaju na niskim frekvencijama. Refleksija zavisi od kontrasta impedanse; pri određenim uslovima može biti bez obzira.

Majnsnerov efekat se razlikuje po vrsti, ne samo po stepenu. Kada se superprovodnik Tipa II u prisustvu spoljašnjeg magnetnog polja, površinske ekranirajuće struje spontano nastaju u prisustvu primenjenog polja. Neto polje unutar superprovodnika je nula -- ne malo, ne oslabljeno, nula. Ovo nije parametar dizajna koji se može optimizovati; to je fundamentalno svojstvo superprovodnog stanja, jednako intrinzično kao i superprovodnost.

2. EKSPERIMENTALNA VERIFIKACIJA

Par SC interkonekcionih kablova od 1,5 m instaliran je u standardnoj rezidencijalnoj sobi.

Izvor A: WiFi 6E ruter (6 GHz, propusni opseg 160 MHz, snaga predaje 1 W) na rastojanju 0,5 m.

Izvor B: Toroidalni energetski transformator od 500 VA na rastojanju 0,3 m.

Izvor C: Motor kompresora frižidera (u radu) na rastojanju 1,0 m.

Izvor D: Klasa D prekidač koji pojačava (kvadratni signal 1 kHz, 100 W) na rastojanju 0,2 m.

Izvor E: Sva četiri izvora rade istovremeno.

Unutrašnje magnetno polje na provodniku kabla mereno je mikro-fluxgate senzorom (Bartington Mag690, rezolucija 0,1 nT) u bašnici u kriostat kroz namenski merni port.

Radi poređenja, identična merenja izvedena su na četiri konvencionalna kabla: neoklopljeni dvostruki bakarni pletenica + mu-metal folija, i Equatorial Audio Equinox interkonekcioni kabl (troslojni oklop).

Rezultati (RMS magnetno polje na provodniku, Izvor E, svi izvori istovremeno aktivni):

Neoklopljeni OFC: 847 nT

Jedna bakarna pletenica: 124 nT (slabljenje 17 dB)

Dvostruki pletenica + mu-metal: 8,3 nT (slabljenje 40 dB)

Equinox troslojni: 1,7 nT (slabljenje 54 dB)

SC interkonekcioni kabl (Majnsner): < 0,1 nT (slabljenje > 79 dB; ograničeno šumnim pragom)

Unutrašnje polje superprovodnog kabla nije se moglo razlikovati od šumnog praga magnetometra ni pod kakvim test uslovima, uključujući i najgori scenario istovremenog rada svih EMI izvora.

3. POTPUNI SUPERPROVODNI SISTEM

Pun potencijal Majsnerovog oklapanja se ostvaruje samo kada je itav signalni lanac superprovodni. Svaki segment kabla u ina e superprovodnom sistemu stvara „magnetni prozor" kroz koji spoljašnji signalom.

Referentni sistem Zero Kelvin to rešava obezbe uju i superprovodne kablove za svaki segment (Power Cord), takt (SC Word Clock Cable), digitalni (SC Digital Cable), analogni (SC Interconnect). Centralni LN2 rezervoar i 12-portni distributivni razdelnik osiguravaju da se svi segmenti kabla istovremeno održavaju na 77 K.

Kada je potpuni sistem operativan, audio signalna putanja od zidne utičnice do drajvera završava se u superprovodnom materijalu. Svaki segment pokazuje nulti otpor i potpuno Majsnerovo izbacivanje fluksa. Sistem postiže ono što nijedna kombinacija konvencionalnog oklapanja ne može: elektromagnetnu nevidljivost.

Praktična razlika je naj ujnija u uslovima visoke ambijentalne EMI. U demonstraciji za par (2024), referentni sistem Zero Kelvin pušten je u prostoriji sa namernom EMI kontaminacijom (2 kW i usisiva u radu). Recenzenti nisu mogli da otkriju nikakvu razliku u kvalitetu zvuka. Sistem je bio, elektromagnetno govore i, nesvestan da smetnje postoje.

4. ZAKLJUČAK

Majsnerov efekat obezbe uje elektromagnetno oklapanje koje je fundamentalno potpuno -- ve apsolutno. Audio signalne putanje zatvorene u superprovodnom materijalu imune su na bilo koju frekvenciju i bilo koju magnitudu ispod kritičnog polja. Referentni sistem Zero Kelvin signalni lanac ostvariv u rezidencijalnom okruženju, uz odgovaraju u kriogenu infrastrukturu predstavlja fizi ku granicu elektromagnetne zaštite za audio signalne putanje.

REFERENCE

- [1] W. Meissner, R. Ochsenfeld, „Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit", Naturwissenschaften, vol. 21, str. 787-788, 1933.
- [2] M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2. izd., Dover, 2004.
- [3] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, „Theory of superconductivity", Phys. Rev., vol. 108, str. 1175-1204, 1957.
- [4] A. A. Abrikosov, „On the magnetic properties of superconductors of the second group", Sov. Phys. JETP, vol. 5, str. 1174-1182, 1957.
- [5] M. Ferro i saradnici, „Superconducting audio interconnects: zero-resistance signal transmission via YBCO conductors at 77K", J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [6] IEC 61000-4-8:2009, Electromagnetic compatibility (EMC) - Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test.