



**SUPERLEDENDE
LYDSIGNALKABLER:
NULLMOTSTAND
SIGNALOVERFØRING VIA YBCO
KERAMISKE LEDERE VED 77K**



Superledende lydsignalkabler: Nullmotstand signaloverføring via YBCO keramiske ledere ved 77K

M. Ferro, L. Solder, H. Park, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Sammendrag

Vi rapporterer utvikling og karakterisering av den første superledende lydsignalkabelen. Lederen er et YBCO (Yttrium Barium Kobberoksid, $YBa_2Cu_3O_{7-x}$) keramisk bånd som opererer ved 77 K i en vakuumkappet borosilikatglass-kryostat som er null -- ikke lav, ikke neglisjerbar, null -- bekreftet ved fireprobes måling med nanovolts følsomhet. Meissner-effekten gir perfekt diamagnetisk skjerming av signalbanen.

1. INNLEDNING

Hver konvensjonell lyd kabel har motstand. Denne motstanden er liten -- typisk milliohm til ohm per meter -- men den er ikke null. Konsekvensene er tredelt: (1) resistivt signaltap, (2) termisk støygenerering (Johnson-Nyquist-støy), og (3) frekvensavhengig impedansvariasjon (skin-effekt).

Superledning eliminerer alle tre. En supraleder har nøyaktig null DC-motstand under sin kritiske temperatur. Null motstand betyr null demping, null Johnson-Nyquist-støy, og null frekvensavhengig impedansvariasjon. I tillegg gir Meissner-effekten skjerming som ingen mengde konvensjonell mu-metall kan matche.

Ingeniørutfordringen er å opprettholde den superledende tilstanden: YBCO krever kontinuerlig kjøling under 92 K. Vi bruker flytende nitrogen (kokepunkt 77 K) som kryogen.

2. KABELKONSTRUKSJON

SC-signal kablen består av: YBCO keramisk bånd (SuperPower SCS4050-AP), 4,0 mm bredt x 0,1 mm tykt, med kritisk strøm på 100 A ved 77 K. To YBCO-bånd (signal og retur) er konsentrisk viklet med 0,5 mm PTFE-avstandsstykke. Kryostat: dobbeltvegget borosilikatglass-Dewar, 48 mm ytre diameter. Kryorhodium-belagte XLR-kontakter med vakuumgjennomføringstetninger.

Total kabel ytre diameter er 48 mm. Kabelen veier 2,4 kg/m tørr og 3,8 kg/m fylt med LN₂.

3. ELEKTRISK KARAKTERISERING

DC-motstand: Målt ved fireprobes teknikk. Ved 77 K var spenningen over en 1,5 m leder som fører 100 mA DC under instrumentets støygulv på 1 nV. Beregnet øvre grense: $R < 10 \times \text{Ohm}$. For alle praktiske formål er motstand null.

AC-impedans ved 1 kHz: 75,0 +/-0,1 Ohm (rent reaktiv -- ingen resistiv komponent). Impedansstabilitet over 30 dager: +/-0,0003 Ohm.

Støygulv: Johnson-Nyquist-støyspenningen for $R = 0$ er $V_n = 0$ uavhengig av temperatur eller båndbredde.

Magnetisk skjerming: En Helmholtz-spole som produserer 1 mT ved 50 Hz ble plassert 50 mm fra kabelen. Fluxgate-magnetometer inne i kryostaten målte $< 0,1$ nT -- demping over 160 dB.

4. PRAKTISKE HENSYN

SC-signal kablen krever kontinuerlig LN₂-tilførsel. Termisk lekkasje er omtrent 0,85 liter signalkabelpar er det årlige LN₂-forbruket omtrent 930 liter -- ca. \$930 per år.

Kabelen må installeres med LN₂-påfyllingsporter tilgjengelige for periodisk etterfylling (høyt trykkavlastningsventil forhindrer farlig overtrykk. En O₂-uttynningssensor gir visuell og hørbar faller under 19,5 %.

Disse kravene er betydelige. SC-signal kablen er ikke et produkt som plugges inn og glemmes. Det er infrastruktur.

5. KONKLUSJON

SC-signal kablen oppnår hva ingen konvensjonell leder kan: null DC-motstand, null termisk støy, og absolutt magnetisk immunitet via Meissner-effekten. Vi mener superledende lyd representerer det logiske endepunktet for lederoptimalisering: når du har eliminert



all motstand, er det ingenting igjen å forbedre.

REFERANSER

- [1] J. G. Bednorz, K. A. Müller, "Possible high- T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B, vol. 64, pp. 189-193, 1986.
- [2] M. K. Wu et al., "Superconductivity at 93 K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-O system," Phys. Rev. Lett., vol. 58, pp. 908-910, 1987.
- [3] SuperPower Inc., "SCS4050-AP YBCO Coated Conductor Specifications," Rev. 12, 2023.
- [4] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, pp. 787-788, 1933.
- [5] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, pp. 1175-1204, 1957.
- [6] ASME BPVC Section VIII, Division 1: Rules for Construction of Pressure Vessels (cryogenic service).