

CÀLCUL DEL CORRENT CRÍTIC

EN MATERIALS SUPERCONDUCTORS

Projecte de treball de màster, a dirigir per Jaume Amorós (Dept. Matemàtica Apl. I, UPC).

Objectiu:

Calcular mapes de circulació de corrent elèctric en peces de material superconductor ceràmic tipus YBaCuO a partir de mesures del camp magnètic generat pel corrent a l'exterior de la peça.

Aplicació:

Les ceràmiques superconductores estan començant a tenir aplicacions industrials. Aquestes aplicacions necessiten peces tridimensionals de mida centimètrica, però la gran sensibilitat de la superconductivitat als defectes de cristallització del material fa que la circulació de corrent en les mostres d'aquesta mida sigui irregular, i es constitueixi en el paràmetre definitiu de la qualitat de la peça. Per això és necessari poder calcular el corrent que circula per les mostres de manera no destructiva. Aquest problema ha estat l'objecte de la col·laboració del director amb el grup d'electromagnetisme i superconductors de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona, del CSIC, dirigit per X. Obradors, des de l'any 1996. El present projecte de treball forma part d'aquesta col·laboració.

Metodologia:

El mètode emprat per calcular el corrent elèctric a partir del camp magnètic que genera (l'anomenat *problema invers de Biot-Savart*) es basa en un algoritme d'elements finits simplificat: hom divideix la mostra en petits elements, i suposa que en ells el corrent elèctric (o equivalentment la imantació $\mathbf{M}$) és constant o lineal en cada element.

Aquesta discretització linealitzava el problema, però presenta complicacions considerables de tamany del sistema (una mostra simple ja pot donar un sistema 6000 x 2000 amb matriu plena) i de propagació de l'error de la mesura del camp magnètic a la solució. Aquestes dificultats provenen en darrera instància de la irresolubilitat del problema invers de Biot-Savart general, que evitem per poc en aquestes mostres superconductores perquè el corrent que hi circula és planar, combinada amb els límits experimentals en la precisió de la mesura del camp magnètic.

Les eines a emprar per a fer aquests càlculs són dues:

- Descomposició QR del sistema lineal resultant, típicament programada en C per un mètode *out of core* per a evadir les limitacions de memòria RAM de l'ordinador.
- Transformació de Fourier discreta (DFT), en els casos en que les simetries i la qualitat de la mesura del camp magnètic ho permeten.

L'equip CSIC-UPC del que forma part el director ja ha desenvolupat el càlcul de la inversió QR *out of core* en C i ha aplicat aquest càlcul i la DFT 2-dimensional per a obtenir mapes de corrent en 2 dimensions, vàlids per mostres regulars en l'eix OZ, o amb un gruix menyspreable en la tercera dimensió. Els objectius concrets per la continuació del treball són

- Obtenir mapes de corrent 2-dimensionals emprant la DFT en els casos en que el soroll de fons de la mesura del camp magnètic es important (filtratge), o en els casos en que aquesta mesura perd simetries (substitució de malles rectangulars per corbes tipus cicloide).
- Iniciar el càlcul de mapes de corrent 3-dimensionals (permetent al corrent planar variar de pla en pla), inicialment via la inversió QR i més endavant emprant la DFT.

Bibliografia:

Base física: camp magnètic, imantació $\mathbf{M}$ i llei de Biot-Savart.

- [1] Tipler, *Física*. Cap. 29.
- [2] J. Amorós, M. Carrera, J. Fontcuberta, X. Obradors, *Càlcul de corrents crítics per mitjà de mesures de camp magnètic*, Informe, dept. Matemàtica Aplicada I UPC,
<http://www-ma1.upc.es/recerca/preprints/99/9902amoros.ps>

Discussió més avançada del problema:

- [3] M. Carrera, J. Amorós, A.E. Carrillo, X. Obradors, J. Fontcuberta. *Current distribution maps in large YBCO melt-textured blocks*. Physica C 385 (2003) 539–543.
- [4] M. Carrera, J. Amors, X. Obradors, J. Fontcuberta. *A new method of computation of current distribution maps in bulk high-temperature superconductors: analysis and validation*. Superconductor Science and Technology 16 (2003) 1187–1194.