

掃引磁場中における細線化した超伝導テープ線材の電磁結合

Electromagnetic Coupling of Multi-Filamentary Superconducting Tape Wires in Ramping Magnetic Fields

産総研¹ ○馬渡 康德¹, (P)東 陽一¹

AIST¹, ○Yasunori Mawatari¹ and Yoichi Higashi¹

E-mail: y.mawatari@aist.go.jp

希土類系高温超伝導テープ線材をNMR およびMRI マグネットへ応用するとき、遮蔽電流による不整磁場やマグネット励磁・消磁時の損失が問題となるが、これらを小さくするためには超伝導層を幅方向に分割する細線化が有効である[1]. しかし、線材の接続部分や安定化材により超伝導細線が電氣的に短絡されると、細線どうしが電磁結合してしまう懸念がある. 本研究では、テープ線材を巻いて構成した超伝導コイルを励磁・消磁する場合を想定し、一定速度で掃引される磁場中における細線化超伝導テープ線材の損失および超伝導細線の電磁結合について、理論的に考察した.

全体幅 $W = 4\text{mm}$, 長さ $L = 4\text{m}$ のテープ線材を, $s = 80\mu\text{m}$ の溝をあけて超伝導層を幅方向に 4 分割した, Fig. 1 のような細線化テープ線材について考察した. テープ面に垂直に印加される外部磁場 $B_a = \beta t$ は一定の掃引速度 $\beta = dB_a/dt$ で掃引され, 超伝導層の中心に磁束が到達した後の定常状態を考えた. 線材の電場 $\mathbf{E}$ と電流密度 $\mathbf{J}$ との特性 $\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$ における抵抗率として, 超伝導細線中では冪乗則(n 値 $n = 20$)の超伝導非線形抵抗率 $\rho = (E_c/J_c)(|\mathbf{J}|/J_c)^{n-1}$ を仮定し, また細線間は常伝導抵抗率 $\rho = \rho_n$ で短絡されるとした. 定常状態における Maxwell 方程式を数値的に解いて得られた, テープ線材の単位時間あたり損失パワー $P [\text{W}]$ の磁場掃引速度 $\beta [\text{T/s}]$ 依存性を Fig. 2 に示した. ただし, 縦軸では P を磁場掃引速度 β で除しており, その単位は $[\text{Joule/Tesla}] = [\text{A m}^2]$ である. このプロットは, 交流磁場中の細線化超伝導線材の振舞(交流一周あたり損失の周波数依存性)[2]に酷似しているが, 交流磁場中と掃引磁場中とでは, 超伝導細線が電磁結合する物理的機構に本質的な相違点があることを明らかにした.

本研究は, NEDO 委託事業「高温超伝導実用化促進技術開発」の一環として行われました.

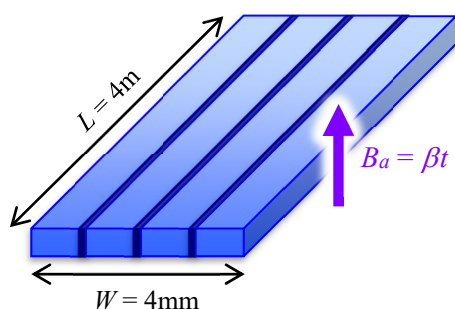


Fig. 1: Multi-filamentary superconducting tape wire of total width W and length L exposed to a ramping magnetic field B_a .

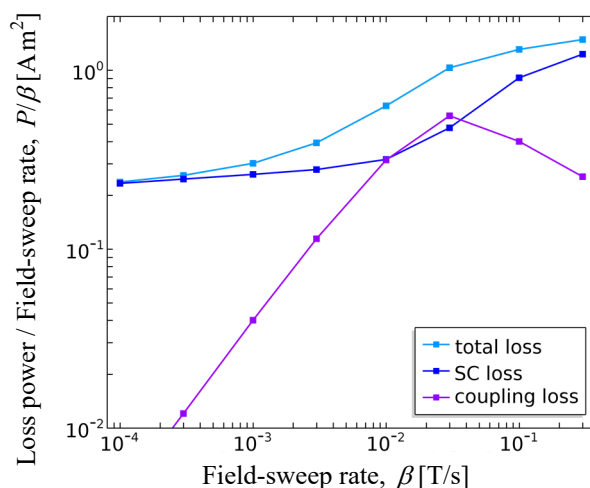


Fig. 2: Field-sweep rate β dependence of the loss power P .

[1] 町敬人ほか「希土類系高温超伝導テープ線材のスクライビング技術の動向」低温工学 **50**, 476 (2015).

[2] N. Amemiya, S. Sato, and T. Ito, J. Appl. Phys. **100**, 123907 (2006).