

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA

Viale Risorgimento n°2 - 40136 BOLOGNA (ITALIA)



PROGETTO MAGNETICO DI UNO SMES :RISULTATI

M. Fabbri, P.L. Ribani

RAPPORTO INTERNO DIEUB - GIUGNO 1998

Nelle figure 1.a ed 1.b sono riportate le curve J_n e J_p che forniscono il valore della densità di corrente critica in funzione della induzione magnetica nel caso in cui il campo magnetico sia diretto normalmente (J_n) o parallelamente (J_p) alla superficie del nastro, come riportate in bibliografia [1] per un nastro di BSCCO a 27 K.

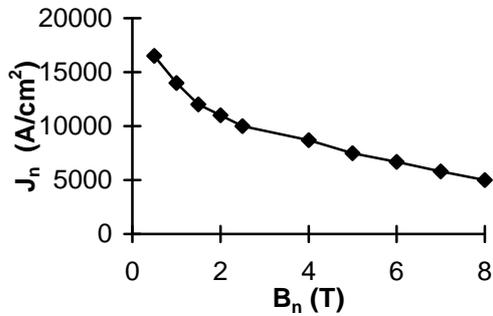


Figura 1a

Densità di corrente critica vs. comp. normale della induzione magnetica

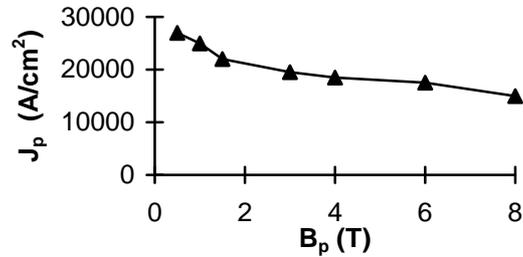


Figura 1b

Densità di corrente critica vs. comp. parallela della induzione magnetica

Nella figura 2 è riportato il confronto tra la curva J_n di bibliografia [1] e la J_n di un nastro commerciale (ZEROME prodotto dalla NST - Nordic Superconductor Technologies) alla temperatura di 40 K ; come si può vedere, le due curve risultano molto simili, e risulta quindi lecito considerare i risultati ottenuti con riferimento alle curve riportate nella figura 1a ed 1b significativi dei risultati che si otterrebbero considerando nastri commerciali alla temperatura di 40 K.

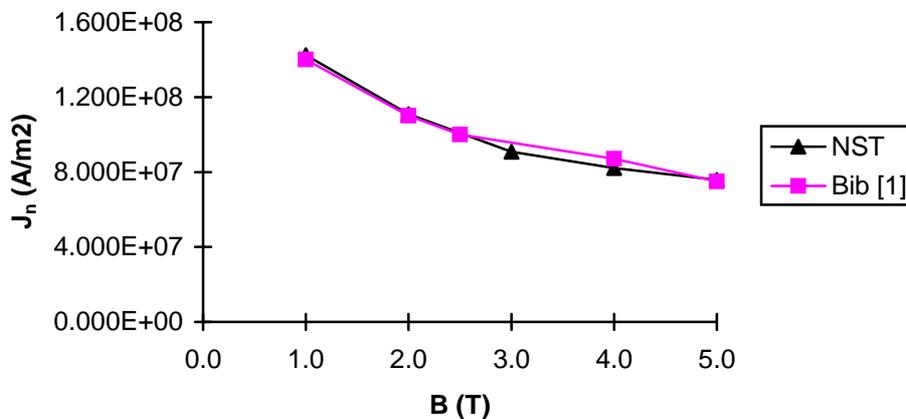


Figura 2

Confronto tra la J_n riportata in bibliografia [1] e la J_n di un nastro commerciale, prodotto dalla NST, alla temperatura di lavoro di 40 K.

E' stato eseguito il progetto ottimizzato di un micro-SMES avente una energia immagazzinata di 500 kJ, secondo le formulazioni A1, A1-serie, A2 ed A2-serie [2], e considerando un diverso numero di bobine, nel seguito sono riportati i principali risultati ottenuti. Nella tabella 1 sono riportati i dati del progetto ottimizzato :

Tabella 1. Specifiche del progetto.

Energia accumulata (J)	$5 \cdot 10^5$
Valore massimo del campo disperso (T)	$0.04 / 0.64 \cdot 10^{-3}$
Distanza minima tra due solenoidi (m)	0.01
Valore del coefficiente di sicurezza	0.7
Materiale	[1]

Tabella 2. Dimensioni dello SMES ottimizzato nel caso in cui il campo disperso massimo ammissibile sia 0.04 T.

Formulazione	N. di bobine	R_{\max} (m)	Z_{\max} (m)	Ingombro (m ²)	Vol. S.C. (m ³)
A1	1	0.64860	1.1199	2.9056	$5.3207 \cdot 10^{-2}$
A1	2	0.42239	0.46590	0.78715	$5.2226 \cdot 10^{-2}$
A1	3	0.37802	0.46195	0.69852	$7.3702 \cdot 10^{-2}$
A1-serie	2	0.42979	0.46595	0.80104	$9.2701 \cdot 10^{-2}$
A1-serie	3	0.35029	0.43609	0.61103	$1.3638 \cdot 10^{-1}$
A2-serie	2 (1 coppia)	0.64772	1.1179	2.8963	$5.3376 \cdot 10^{-2}$
A2-serie	4 (2 coppie)	0.42978	0.46596	0.80105	$9.2700 \cdot 10^{-2}$
A2-serie	6 (3 coppie)	0.42723	0.21362	0.36505	$1.1866 \cdot 10^{-1}$

Tabella 3. Dimensioni dello SMES ottimizzato nel caso in cui il campo disperso massimo ammissibile sia 0.64 mT.

Formulazione	N. di bobine	R_{\max} (m)	Z_{\max} (m)	Ingombro (m ²)	Vol. S.C. (m ³)
A1	1	3.0775	3.9203	48.258	$4.7615 \cdot 10^{-2}$
A1-serie	2	0.7846	0.85390	2.6799	$9.2119 \cdot 10^{-2}$
A1-serie	3	0.45524	0.44662	0.81328	$2.0550 \cdot 10^{-1}$
A2-serie	6 (3 coppie)	0.46732	0.45290	0.84659	$1.2470 \cdot 10^{-1}$

Tabella 4. Posizione, dimensioni e densità di corrente delle bobine ottimizzate

N. bobina	R (m)	Z (m)	a _m (m)	b _m (m)	J (A/m ²)
Formulazione A1 : 1 bobina, B_{stray} = 0.04 T					
1	9.2621·10 ⁻²	0.0	4.7334·10 ⁻²	4.8289·10 ⁻¹	7.1305·10 ⁷
Formulazione A1 : 1 bobina, B_{stray} = 0.64 mT					
1	1.0707·10 ⁻¹	0.0	4.9935·10 ⁻²	3.5433·10 ⁻¹	6.9468·10 ⁷
Formulazione A1 : 2 bobine, B_{stray} = 0.04 T					
1	1.4170·10 ⁻¹	0.0	8.1222·10 ⁻²	1.9814·10 ⁻¹	-6.6771·10 ⁷
2	2.4976·10 ⁻¹	0.0	1.6790·10 ⁻²	2.6224·10 ⁻¹	9.2749·10 ⁷
Formulazione A1 : 3 bobine, B_{stray} = 0.04 T					
1	1.3176·10 ⁻¹	4.4805·10 ⁻¹	8.9887·10 ⁻²	1.3906·10 ⁻²	2.3730·10 ⁷
2	1.6997·10 ⁻¹	1.2469·10 ⁻¹	5.4662·10 ⁻²	2.0252·10 ⁻¹	-8.1424·10 ⁷
3	2.5471·10 ⁻¹	1.2126·10 ⁻¹	1.5123·10 ⁻²	2.3006·10 ⁻¹	1.1569·10 ⁸
Formulazione A1-serie : 2 bobine, B_{stray} = 0.04 T					
1	1.4342·10 ⁻¹	0.0	8.1012·10 ⁻²	1.9124·10 ⁻¹	-6.6476·10 ⁷
2	2.5624·10 ⁻¹	0.0	2.1808·10 ⁻²	2.6243·10 ⁻¹	6.6476·10 ⁷
Formulazione A1-serie : 2 bobine, B_{stray} = 0.64 mT					
1	1.4169·10 ⁻¹	0.0	7.8888·10 ⁻²	2.0196·10 ⁻¹	-6.6822·10 ⁷
2	2.5207·10 ⁻¹	0.0	2.1495·10 ⁻²	2.5983·10 ⁻¹	6.6822·10 ⁷
Formulazione A1-serie : 3 bobine, B_{stray} = 0.04 T					
1	3.3984·10 ⁻¹	0.0	4.1106·10 ⁻²	2.5869·10 ⁻¹	-4.6027·10 ⁷
2	4.0386·10 ⁻¹	0.0	1.3846·10 ⁻²	2.9709·10 ⁻²	4.6027·10 ⁷
3	1.5665·10 ⁻¹	0.0	1.3093·10 ⁻¹	1.4148·10 ⁻¹	4.6027·10 ⁷
Formulazione A2-serie : 1 coppia di bobine, B_{stray} = 0.04 mT					
1	9.1473·10 ⁻²	2.4106·10 ⁻¹	4.8312·10 ⁻²	2.4029·10 ⁻¹	7.1237·10 ⁷
Formulazione A2-serie : 2 coppie di bobine, B_{stray} = 0.04 mT					
1	1.4342·10 ⁻¹	9.5620·10 ⁻²	8.1011·10 ⁻²	9.5620·10 ⁻²	-6.6476·10 ⁷
2	2.5624·10 ⁻¹	1.3121·10 ⁻¹	2.1809·10 ⁻²	1.3121·10 ⁻¹	6.6476·10 ⁷
Formulazione A2-serie : 3 coppie di bobine, B_{stray} = 0.04 mT					
1	1.7946·10 ⁻¹	5.3506·10 ⁻¹	1.3797·10 ⁻¹	5.3506·10 ⁻²	5.7775·10 ⁷
2	3.5001·10 ⁻¹	6.4600·10 ⁻¹	2.2579·10 ⁻²	6.4600·10 ⁻²	-5.7775·10 ⁷
3	1.74999·10 ⁻¹	1.5610·10 ⁻¹	1.2353·10 ⁻¹	2.4302·10 ⁻²	-5.7775·10 ⁷
Formulazione A2-serie : 3 coppie di bobine, B_{stray} = 0.64 mT					
1	1.5819·10 ⁻¹	1.3485·10 ⁻¹	9.1529·10 ⁻²	9.9911·10 ⁻²	6.0265·10 ⁷
2	2.8397·10 ⁻¹	1.1445·10 ⁻¹	2.1157·10 ⁻²	1.4445·10 ⁻¹	-6.0265·10 ⁷
3	1.3175·10 ⁻¹	2.6636·10 ⁻¹	1.2175·10 ⁻¹	2.1602·10 ⁻²	-6.0265·10 ⁷

Bibliografia

1. M. Daumling, R. Flukiger, "Factors determining the magnetic field generated by a solenoid made with a superconductor having critical current anisotropy", *Cryogenics* 35 (1995) 867-870.
2. M. Fabbri, P.L. Ribani, "Progetto magnetico di uno SMES: Teoria", DIEUB report, Maggio 1998.