

Partial-insulation 技術を用いた NbTi マグネットのシミュレーション

Numerical simulation of NbTi magnet with Partial-insulation technique

野口 聡, 伊藤 竜誠(北大); Kim Youngjae, Hahn Seungyong, Iwasa Yukikazu (MIT)

NOGUCHI So, ITO Ryusei (Hokkaido University);

KIM Youngjae, HAHN Seungyong, IWASA Yukikazu (Massachusetts Institute of Technology)

E-mail: noguchi@ssi.ist.hokudai.ac.jp

1. はじめに

近年、無絶縁超電導線を用いたマグネットの巻線技術に注目が集まっている。無絶縁超電導マグネットは通電電流が線間を迂回して流れることができる構造をしており、安定性が向上することが実験的に分かっている。その一方で、時定数が大きくなることから励磁や消磁に時間がかかるという問題点も報告されている。この問題点を解決するために、線間の一部だけを選択的に絶縁する技術(Partial-insulation 技術)が現在までに提案されている[1]。本稿ではその技術の有効性を、数値シミュレーションを通して検証する。数値シミュレーションでは、巻線のインダクタンスと線間の抵抗を考慮した等価回路を提案し、2 種類の部分絶縁マグネットの電流分布と中心磁界の時間推移を調査した。

2. シミュレーション手法

無絶縁超電導マグネット(NI マグネット)および部分絶縁マグネット(PI マグネット)の概観図を Fig. 1 に示す。シミュレーションでは、巻線を有限個の区分 NI 線に分割し、それぞれのインダクタンスと巻線同士の接触部における線間抵抗を考慮した等価回路として計算している(Fig. 2)。

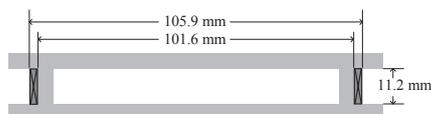


Fig. 1. Schematic view of the NI and PI magnets

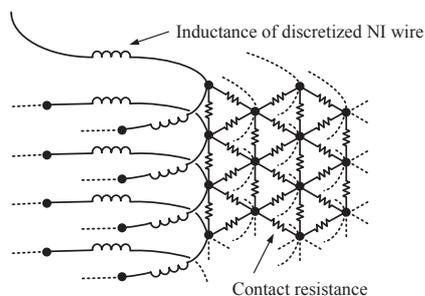


Fig. 2. Equivalent electric circuit of the NI and PI magnets

この等価回路において、 i 番目の区分 NI 線のインダクタンス部の電流 I_{Li} と電圧降下 V_{Li} , j 番目の線間抵抗部の電流 I_{Rj} と電圧降下 V_{Rj} を用い、キルヒホッフの法則に基づいた回路方程式を考えると式(1),(2)のように表される。

$$\sum_{i=1}^l V_{Li} + \sum_{j=1}^m V_{Rj} = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^p I_{Li} + \sum_{j=1}^q I_{Rj} = 0 \quad (2)$$

l, m はそれぞれ注目する閉回路に含まれるインダクタンスの数と線間抵抗の数である。 p, q はそれぞれ注目する節点に接続しているインダクタンスの数と線間抵抗の数である。

3. シミュレーション結果

本稿では比較のために、いかなる絶縁も施さないマグネット(NI magnet), コイル径方向の中間層で絶縁を施したマグネ

ット(PI magnet A)に加えて、特に電流が迂回しやすい部分を選択的に絶縁したマグネット(PI magnet B)に対するシミュレーションを行った(Fig. 3 参照)。マグネットを励磁した際のピーク電流時($I = 32$ A), マグネットのインダクタンス部を流れる電流 I_L の分布を Fig. 3 に示す。NI マグネットにおいて、マグネットに流れ込んだ通電電流 I は線間を迂回して流れてしまっているため、矩形断面中心では約 20 A 程度の電流しか流れていないことが分かる。それに対して、PI マグネット A では比較的多くの電流が NI 線に流れている。PI マグネット B では、電流がより迂回しにくくなっているため、マグネットの大部分で約 30 A の電流が流れていることが分かる。

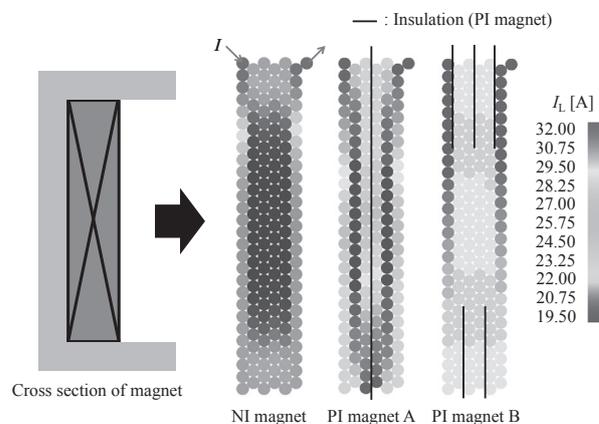


Fig. 3. Current distribution of each magnet at transport current $I = 32$ A.

励磁中の中心磁界 B_c の時間推移をシミュレーションしたものを Fig. 4 に示す。NI マグネットが励磁に 1200 s を要するのに対し、PI magnet B は約 800 s 程で励磁が完了できていることが分かる。これにより、NI マグネットの問題点を解決するために、巻線間の部分的な絶縁が効果的であることが示された。

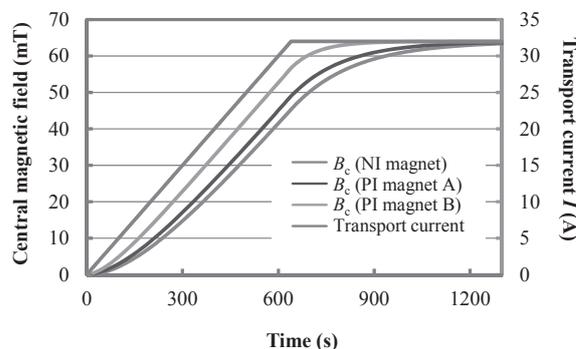


Fig. 4. Central magnetic field B_c and transport current I ; blue line: B_c of the NI magnet, red line: B_c of the PI magnet A, green line: B_c of the PI magnet B.

参考文献

1. S. Noguchi, Y. Kim, S. Hahn, and Y. Iwasa, "Charging test of Partial-Insulation (PI) winding technique for NbTi MRI magnets," presented at MT-23, 2013.

DI-BSCCO コイルのクエンチ保護 Protection of DI-BSCCO coil

山口 貴寛, 上野 栄作, 加藤 武志(住友電工)

YAMAGUCHI Takahiro, UENO Eisaku, KATO Takeshi (Sumitomo Electric Industries)

E-mail: yamaguchi-takahiro1@sei.co.jp

1. はじめに

高温超電導線は常電導伝搬速度が \sim cm/s と非常に遅いため、ホットスポットが発生し劣化することが懸念されている。その保護のためには、異常を検知した際、通電電流を速やかに下げることが必要と考えられる。しかしながら、20MW 級の大出力回転機ではコイルのインダクタンスが非常に大きく、電流減衰時定数を短くするには保護抵抗値を大きくし、コイル及びモータ内配線を高耐電圧化しなければならず、クエンチ検出・保護回路の最適化が必要である。そこで、大出力回転機用コイルを模擬した小コイルを用いて、電流減衰時定数とクエンチ検出電圧をパラメータとし、コイルを劣化させずにクエンチ検出・保護できる条件を調査したので報告する。

2. コイル諸元

実験に使用したコイルは DI-BSCCO 線材(Type Hi)を用いて作製されており、内径 70 mm、外径 216 mm、高さ 9.7 mm の円形ダブルパンケーキコイルである。Fig. 1 に示すように 4 個積層した。これは線材長と比較すると、20 MW 機の実機サイズコイルの約 1/14 となっており、発生磁場はほぼ同等の値となっている。また、その他の諸元を Table 1 に示す。

Table 1 Specification of DI-BSCCO coil

Type of DI-BSCCO wire	Type Hi
Ic of DI-BSCCO wire (77K, s.f.)	about 180 A
ID/OD of winding	70 mm/216 mm
Number of stack	4
Total length	880 m
Total number of turns	2000(=500 turns \times 4)
Maximum perpendicular magnetic field	4.2 T
Maximum parallel magnetic field	2.0 T
Inductance	0.4 H
Stored energy	8.2 kJ at 200 A

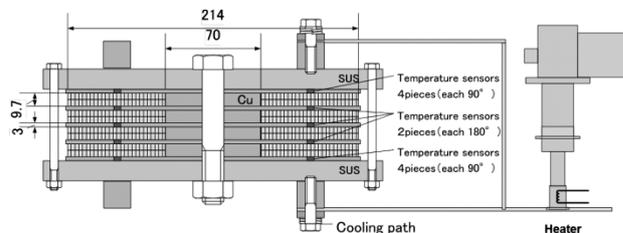


Fig. 1 Schematic drawing of DI-BSCCO coil

3. 実験方法

冷却は Fig. 1 に示すように冷凍機伝導冷却で 35 \sim 40 K 前後の温度とし、上下に冷却パスを設け上下コイル間で極力温度差が無いようにした。通電電流は 200 A、クエンチ検出はバランス回路を用い、クエンチ検出時間を 0.1 s に固定した。クエンチはコイル温度を徐々に上昇させることで発生させた。クエンチ検出すると外部制御により電流を exp 関数で掃引する回路とした (Fig. 2)。そのときの電流減衰時定数とクエンチ検出電圧を変化させることにより、コイルの劣化の有無を調査した。

4. 実験結果

電流減衰時定数 4 s ではクエンチ検出電圧 0.15 V まで保護可能、電流減衰時定数 20 s、60 s ではクエンチ検出電圧 0.05 V まで保護可能な結果となった。これらの結果からクエンチ保護可能な領域を Fig. 3 に示す。また、詳細は講演当日に報告する。

5. まとめ

今回の実験で用いたコイルでの電流減衰時定数とクエンチ保護可能な検出電圧との関係がわかった。今後は、Fig. 3 を拡充すると共にシミュレーションを実施し、20 MW 機の実機サイズのコイルでのクエンチ検出・保護実験に反映する。

6. 謝辞

本研究は研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」の支援を受けて進めたものである。

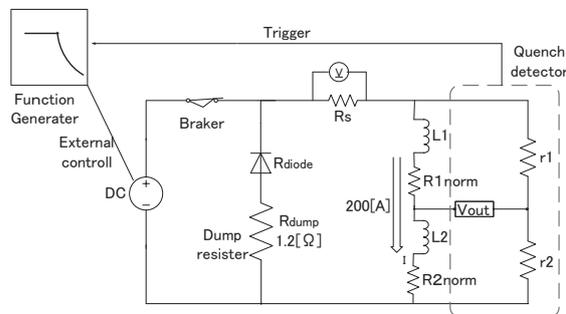


Fig. 2 Electrical circuit model

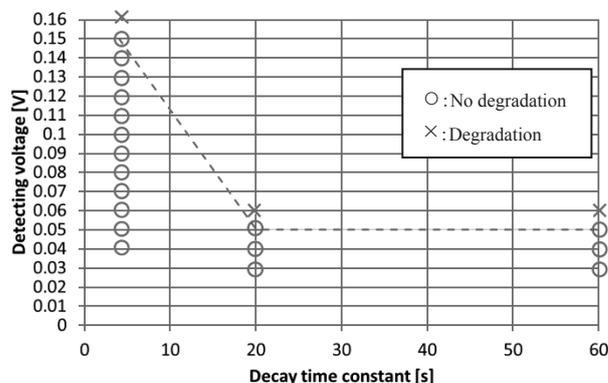


Fig. 3 Decay time constant VS Detecting voltage

宇宙機搭載に向けた伝導冷却 Bi-2223 ダブルパンケーキコイルの 通電・冷却特性およびコイル内遮蔽電流のモデル化

Numerical analysis on current transport characteristics and induced screening current
in conduction-cooled Bi-2223 double-pancake coil for space applications

長崎 陽, 中村 武恒(京大); 船木 一幸(JAXA); 芦田 康将, 山川 宏(京大)
NAGASAKI Yoh, NAKAMURA Taketsune (Kyoto Univ.); FUNAKI Ikkoh (JAXA);
ASHIDA Yasumasa, YAMAKAWA Hiroshi (Kyoto Univ.)
E-mail: nagasaki@rish.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

本研究は、宇宙機搭載用高温超電導コイルの研究開発を目的としている。これまで、同コイルの最適設計に向けた基礎検討として、その電磁的熱的諸特性の解析コードを構築してきた[1, 2]。即ち、パーコレーション遷移モデル[3]に基づいて高温超電導コイルにおける通電・冷却特性の評価コードを構築し、伝導冷却 Bi-2223/Ag ダブルパンケーキコイルについてその正当性を示すことに成功した[2]。本講演では、同 Bi-2223/Ag ダブルパンケーキコイル内に誘導された遮蔽電流による磁場の測定を行い、構築した解析コードとの比較を行うことで、その減衰特性について検討を行った結果について報告する。

2. 解析モデル

Table 1 に実験および解析に用いた Bi-2223/Ag ダブルパンケーキコイル諸元を、また Fig. 1 に解析モデルをそれぞれ示す。遮蔽電流 I_s は、Faraday の法則、遮蔽電流ループのインダクタンス L_s 、超電導抵抗 R_{HTS} (磁束フローやクリープなど)、およびその他の線材内抵抗 R_N (銀および超電導フィラメントブリッジング部の抵抗) によって以下の式(1)に従って誘導される。

$$\oint E dl = L_s \frac{dI_s}{dt} + (R_{HTS} + R_N) I_s \quad (1)$$

E は自己磁場の変化に伴う誘導起電力、線積分路 l は遮蔽電流ループである。超電導抵抗 R_{HTS} は、パーコレーション遷移モデル[3]によって得られた電界-電流密度特性より算出した。また、遮蔽電流ループとして Fig. 1 に示すような各超電導フィラメント間にまたがった代表的遮蔽ループを仮定し、そのインダクタンス L_s を算出した。

3. 結果と考察

Fig. 2 には、実験および解析より得られた遮蔽電流磁場の時間推移を示す (コイル温度 50 K, 最大外部通電電流 200 A)。同図に示すように、通電電流を臨界値まで上昇させる過程において、その変化を 6 度に亘って数十 s 程度停止させ、誘導起電力 E が発生しない条件で遮蔽電流の減衰の様子を測定した。一定通電電流保持時の結果に着目すると、低電流領域(低負荷率)であるほど遮蔽電流磁場が大きく減衰しているが、負荷率が大きくなると相対的に上記磁場減衰率が低下している。特に、低負荷率領域における大きな遮蔽電流磁場減衰については、それが $R_{HTS} \approx 0$ の領域における現象であることから、超電導抵抗のみの影響によるものではないと演繹される。さらに、Fig. 1 の解析モデルを用い、コイル内で閉じたインダクタンス L_s の小さい遮蔽電流ループを仮定することで、Fig. 2 に示すように上記特性をある程度定量的に再現することができた。以上の実験および解析結果より、遮蔽電流の急速な減衰が、低負荷側においても超電導抵抗以外の線材内抵抗(銀の横断抵抗や超電導フィラメント間の接触抵抗など)によって生じていることが推定される。

4. まとめ

Bi-2223/Ag コイル内遮蔽電流による磁場の測定および解析結果から、遮蔽電流の減衰特性に超電導抵抗以外の線材内抵抗が寄与していることが推定された。今後は、遮蔽電流の減衰に最も影響を与える線材内抵抗の特定に取り組む。

参考文献

1. Y. Nagasaki, et al.: J. Cryo. Super. Soc. Jpn., Vol. 47 (2012) pp. 597-604
2. Y. Nagasaki, et al.: Physica C, vol. 492 (2013) pp. 96-102
3. T. Kiss: J. Cryo. Super. Soc. Jpn., Vol. 47 (2012) pp. 464-472

Table 1 Specifications of the Bi-2223/Ag coil and tape

Turn number	130 Layer × 2 Stack
Inner diameter	0.200 m
Outer diameter	0.274 m
Tape width	4.2 mm
Silver ratio	1.5
Tape length	200 m
Critical current I_c of the coil	200 A (50 K, 1 μV/cm)

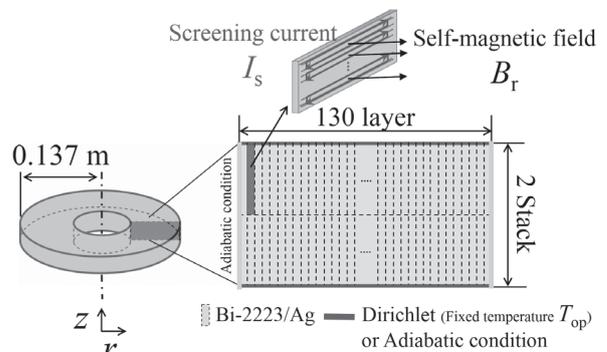


Fig.1 Analysis model of screening currents in the Bi-2223/Ag double-pancake coil. The screening currents I_s are induced by the temporal variation of the self-magnetic fields B_r in the coil.

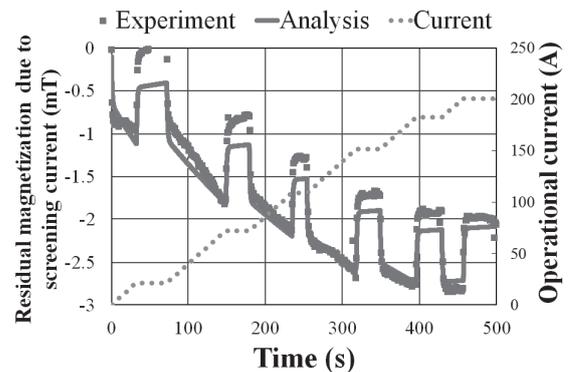


Fig.2 Temporal variations of the operational current and the corresponding magnetic field generated by the screening currents.

高強度 REBCO パンケーキコイルの数値構造解析

Numerical Structural Analysis on High Strength REBCO Pancake Coil

王 旭東, 石山 敦士, 辻村 拓弥, 山川 宏(早大); 植田 浩史(阪大); 渡部 智則, 長屋 重夫(中部電力)
 WANG Xudong, ISHIYAMA Atsushi, TUJIMURA Takuya, YAMAKAWA Hiroshi (Waseda University);
 UEDA Hiroshi (Osaka University); WATANABE Tomonori, Nagaya Shigeo (Chubu Electric Power Co., Inc.)
 E-mail: wan-x-don@ruri.waseda.jp

1. はじめに

筆者らは、HIMAC と同等の出力(400 MeV/核子, 300 nA)を持つ高温超電導技術を活用した小型・高効率・高性能の次世代超電導サイクロトロン加速器の実現を目指して、研究開発を行っている[1]。本発表は、先行研究で開発された高強度 REBCO パンケーキコイル構造(YOROI コイル)[2]を筆者らが開発している高温超電導サイクロトロンに適応し、m 級円形スプリットコイルの補強効果について解析評価を行ったので報告する。なお、本研究は科研費(基盤研究 A, No. 23246053)「次世代重粒子線がん治療装置用超電導加速器の基盤技術開発」において実施したものである。

2. 数値解析

先行研究で試設計した 4 対の m 級円形スプリットコイルの断面構造と諸元をそれぞれ Fig. 1 と Table 1 に示す[1]。YOROI コイル構造を想定した試設計の応力限界は 1.2 GPa とした。このことにより、従来の設計上限 600 MPa に対して、運転負荷率が 2 倍以上、使用線材量を 43% 減らした設計が可能となった。4 対の m 級円形スプリットコイルの経験磁場は 5.5-7.7 T であり、巻線単体のフープ応力(BJR 計算)は 0.9-1.1 GPa となった。

m 級円形スプリットコイルの電磁力分布は、励磁状態における試設計のオーバーオール電流密度で解析し、超電導サイクロトロンを構成する非円形スパイラルセクターコイルの発生磁場も考慮した。構造解析では、m 級円形スプリットコイルに高強度 REBCO パンケーキコイル構造を応用して、解析モデルの断面形状を Fig. 2 に示す。巻線部は Hastelloy(厚み 100 μm)と銅層(厚み 100 μm)で構成される REBCO 線材を想定して、パンケーキ数を考慮せず設計断面の一体モデルとした。GFRP 補強部は上下側板(厚み 3 mm)と外枠(幅 40 mm)を想定して解析を行った。境界条件として、上下側板の最内層は回転しないように設定し、巻線と GFRP 補強部の間は YOROI コイルの実構造を模擬するように接触条件とした。巻線の異方性は複合則により考慮した。

3. 結果とまとめ

コイル 1-4 の巻線に加わるひずみとフープ応力分布をそれぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示す。最大ひずみはコイル 1-4 でそれぞれ約 0.23%, 0.21%, 0.39%, 0.28% であり、最大フープ応力はそれぞれ約 260 MPa, 246 MPa, 494 MPa, 322 MPa となった。よって、高強度 REBCO パンケーキコイル構造を m 級円形スプリットコイルに応用することで、補強部が巻線に加わるフープ応力の半分以上分担することが可能となり、巻線は REBCO 線材の許容限界であるひずみ 0.4% と引張応力 600 MPa を超えない高機械強度・高電流密度な設計が可能となった。今後は、解析事例を重ねてデータを蓄積するとともに、補強断面を最小化するように高強度 REBCO パンケーキコイル構造の設計最適化手法の開発を行っていく予定である。

参考文献

1. H. Ueda, X. Wang, A. Ishiyama, et al.: IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 23, (2013), 4100205
2. S. Nagaya, A. Ishiyama, et al.: IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 23, (2013), 4601204

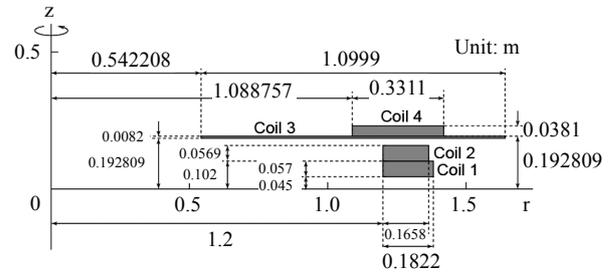


Fig. 1 Schematic drawing of four split main coils

Table 1 Specifications of four split main coil

Split main coil	#1	#2	#3	#4
Inner diameter (m)	2.40	2.40	1.08	2.18
Outer diameter (m)	2.76	2.73	3.28	2.84
Height (m)	0.057	0.057	0.008	0.038
Operating current per tape(A)	228	228	261	227
Maximum experience field (T)	5.56	5.6	7.69	7.44
Maximum hoop stress (MPa)	926	932	1100	1035

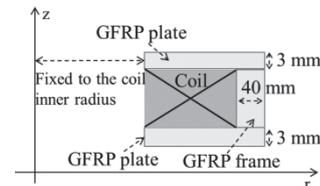


Fig. 2 Cross-section of the numerical model

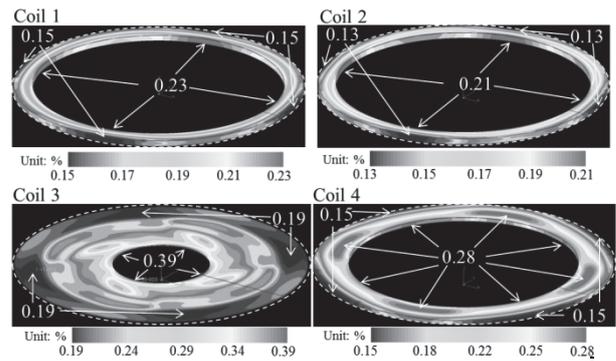


Fig. 3 Results of strain on the coil winding

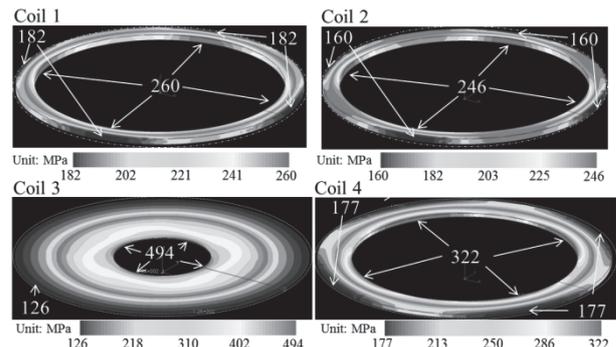


Fig. 4 Results of hoop stress on the coil winding

3MW 船用モータ向け DI-BSCCO レーストラックコイル Racetrack coils using DI-BSCCO wires for a 3MW HTS ship motor

上野 栄作, 加藤 武志, 林 和彦(住友電工)

UENO Eisaku, KATO Takeshi, HAYASHI Kazuhiko (Sumitomo Electric Industries)

E-mail: ueno-eisaku@sei.co.jp

1. はじめに

高温超電導応用における有望な製品のひとつとして、船舶用超電導モータが上げられる。近年、我々は DI-BSCCO 線材を用いた大サイズの超電導界磁コイルを開発・製造し、川崎重工が 3MW 船舶用超電導モータに搭載、ロードテストに成功した。開発した界磁コイルを Fig. 1 に示す。

船舶用モータに使用される界磁コイルは、コイルに繰り返し印加される拡張力に対して十分な耐久性を確保することが特に重要である。界磁コイルには、レーストラック型のコイルが多く使用されるが、レーストラックコイルは、直線部分を持つことが円形コイルとの大きな相違点であり、レーストラックコイル直線部分の拡張力に対する支持機構は円形コイルのそれと大きく異なる。

今回、我々は内航船向けの船舶用モータにおける 20 年間の使用を想定したレーストラックコイルの拡張力および熱サイクルの繰り返し印加に対する耐久性テストを実施し、内航船を対象とした界磁コイルの 20 年間長期信頼性確保に向けての基礎データを得たので、その結果を報告する。

2. コイル諸元

2.1 拡張力繰り返し印加試験

Fig. 2 に試験に使用したコイルの一例を示す。コイルは、界磁コイルと同様、内側に Type-HTi-SS、外側に Type-Hi を用いたコンビネーション構造であり、長さ 270 mm、幅 130 mm、直線長 140mm、ターン数 250 ターンのレーストラック型ダブルパンケーキコイルである。

2.2 熱サイクル試験

3MW モータ用界磁コイルと同構造、同寸法のコイルを使用した。

3. 実験方法

3.1 拡張力繰り返し印加試験

ステンレスケースに収納したコイルを、バックアップ磁場印加用マグネットに装着し、液体ヘリウム浸漬(4.2K)の条件下で、定格運転時の約 1.5 倍となる 43MPa の拡張力を 2400 回繰り返し印加した。拡張力はバックアップ磁場を一定に保ち、コイルへの通電電流の大きさにより変化させた。試験前後のコイルの I-V 特性を比較することで、劣化の有無を調査した。

3.2 熱サイクル試験

室温と液体窒素浸漬(77K)を 20 回繰り返し、コイルの劣化の有無を調査した。

4. 実験結果

試験結果を Fig. 3、Fig. 4 に示す。拡張力繰り返し印加試験および熱サイクル試験の何れにおいても、劣化は見られなかった。なお詳細は講演当日に報告する。

5. まとめ

今回の実験で、レーストラックコイルの拡張力および熱サイクルの繰り返し印加に対する耐久性テストを実施し、内航船を対象とした界磁コイルの 20 年間の長期信頼性確保に向けての基礎データを得ることができた。

6. 謝辞

本研究はNEDO省エネルギー革新技術開発事業の支援を受けて進めたものである。

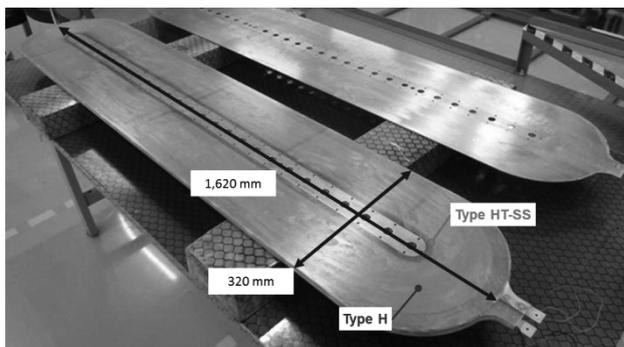


Fig.1 Appearance of 3MW HTS field coil

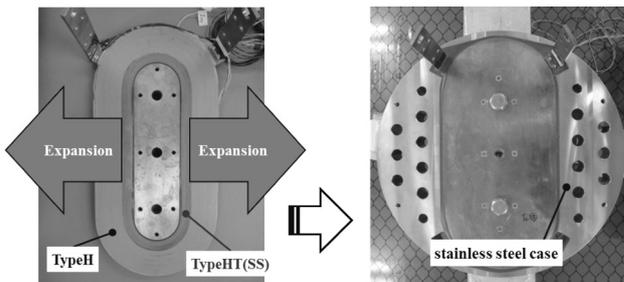


Fig.2 An example of the test coil

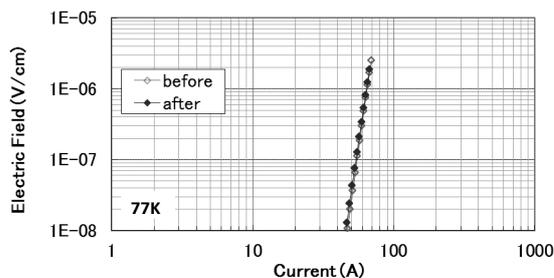


Fig. 3 Result of an expansion force cycle test

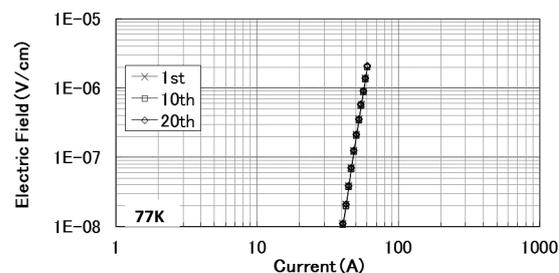


Fig. 4 Result of a thermal cycle test

TFA-MOD 法 REBCO 線材を用いた低熱侵入量の超電導電流リードの開発

Development of low heat leakage HTS current lead prepared by REBCO coated conductors fabricated by the TFA-MOD method

高橋 亨, 引地 康雄, 箕輪 昌啓, 木村 一成, 小泉 勉(昭和電線), 山田 豊(東海大)

TAKAHASHI Kyo, HIKICHI Yasuo, MINOWA Masahiro, KIMURA Kazunari,
KOIZUMI Tsutomu (SWCC); YAMADA Yutaka (Tokai University)
E-mail: k.takahashi043@cs.swcc.co.jp

1. はじめに

超電導線材を利用した応用機器は、外部電源と極低温の真空容器内の応用機器とを繋ぐ電流リードが必要である。電流リードは電力供給だけでは無く、熱流入を防止する。しかし、銅を用いた電流リードでは熱侵入量が多く冷却コストが高いという問題点があるため、超電導体を用いた電流リードが開発されている。

超電導電流リードは外部磁場がかかる場所に設置されることが多いため、磁場中での特性が優れている超電導体を用いることで、使用線材の本数を減らし、熱侵入量の低減と小型化が可能となる。

そこで今回、磁場中での特性に優れた REBCO 線材[1]を利用することにより、電流リードの熱侵入量の更なる低減を検討した。

本報では、温度範囲 77K-4.2K, 外部磁場 0T 中で熱侵入量 0.05W の 500A 級超電導電流リードを試作し、通電特性・機械的特性・熱侵入量を測定した結果を報告する。

2. 実験方法

今回試作した電流リードの仕様を Table.1 に示す。線材は、幅 5mm、厚さ約 120 μ m (Hastelloy substrate: 100 μ m、REBCO layer: 1.5 μ m、Ag layer: 20 μ m) の REBCO 線材を使用した。超電導電流リードの構成は 4 本の超電導線材を使用し、2 枚を重ね合わせ、これを 2 列に並列配置した。両端を Cu 電極にはんだ接合後、GFRP 製支持部材で補強して超電導電流リードとした。外観を Fig.1 に示す。

通電試験は液体窒素中で行い、 I_c 測定後、定格電流の 1.2 倍の電流を連続通電し、抵抗の変化を測定した。熱侵入量は、「伝導熱による侵入熱」+「定格電流通電時の低温端での接続抵抗ジュール発熱」として下記の式により求めた。

$$Q = \int_{T_L}^{T_H} \lambda(T) dT + I_{OP}^2 R_L$$

ここで、S を超電導線材と支持部材の断面積、L を超電導線材と支持部材の長さ、 T_H を高温端温度、 T_L を低温端温度、 λ を超電導線材と支持部材の熱伝導率、 I_{OP} を定格電流、 R_L を低温端の接続抵抗とする。実測値は熱流束計を用いて測定を行った。

3. 実験結果及び考察

500A 級超電導電流リード(@77K, 0T)の I_c を測定した。この時、測定は液体窒素中で行い、電極間電圧から両電極の接続抵抗を差し引いた電圧が、電極間 10cm であることから 10 μ V (クライテリア: 1 μ V/cm) に達したときの電流値を I_c とした。測定結果を Fig.2 に示す。 I_c は 800A となり 500A 用電流リードとして十分な特性を有していることを確認した。冷凍機冷却でも I_c 測定を行い、液体窒素中と同じ I_c 値が得られたことを確認した。

次に、定格電流=500A(@77K, 0T)の 1.2 倍の電流を連続して通電した。600A を 30 分間連続通電した結果、通電中の抵抗値の増大やクエンチが無いことを確認した。

さらに、各温度における熱侵入量を上記の計算方法で求めた結果を Fig.3 に示す。測定結果は、講演にて報告する。今後は、構成部材や REBCO 超電導線材の安定化層(Ag 層)をさらに減らす事により、熱侵入量の低減と小型化を進める予定である。

4. 謝辞

冷凍機を用いた測定は、鉄道総合研究所主任研究員の小方 正文様、研究員の水野 克俊様にご助力頂きました。心より感謝致します。

Table1 Specifications of 500A-class HTS current lead.

Parameters	Values
Rated current (A)	500
HTS current lead length (mm)	220
Quantity of REBCO tapes	4
Operating Temperature range (K)	77-4.2
Applied magnetic field (T)	0



Fig.1 500A-class HTS current lead.

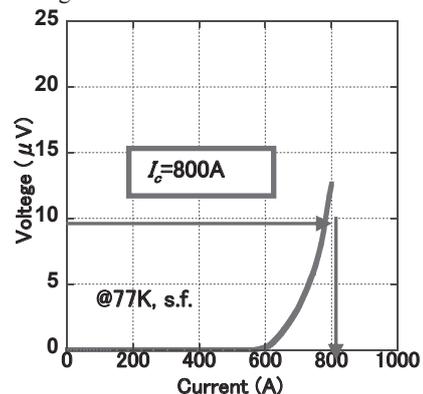


Fig.2 I-V curve of 500A-class HTS current lead (@77 K, s. f.).

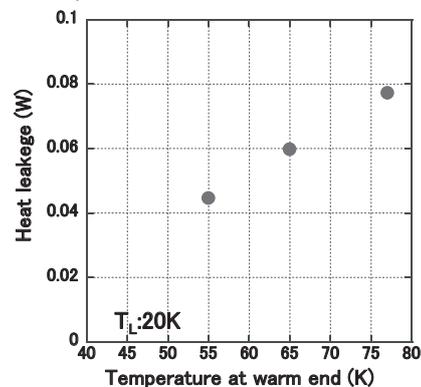


Fig.3 Heat leakage of 500A-class HTS current lead (calculated value)

参考文献

I.K.Kimura, et al.: Abstracts of CSSJ conference, Vol.87 (2013)p.174