

高温超伝導ダイポールマグネットにおける 多極磁界成分の測定と残留磁化の影響

Measurement of multi-pole magnetic field components in HTS dipole magnet and influence of residual magnetization

岡田 奈々, 雨宮 尚之, 藤井 陽介, 中村 武恒(京大・工); 荻津 透(KEK);
小平 政宣, 小野 通隆, 折笠 朝文(東芝); 野田 耕司(放医研)

OKADA Nana, AMEMIYA Naoyuki, FUJII Yosuke, NAKAMURA Taketsune (Kyoto University);
OGITSU Toru (KEK); KODAIRA Masanobu, ONO Michitaka, ORIKASA Tomofumi (Toshiba), NODA Koji (NIRS)
E-mail: okada@asl.kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

加速器用マグネットの磁界は多極展開という考え方で議論されることが多いが、高温超伝導を加速器用マグネットに応用した場合の多極磁界成分に関する研究例はない。高温超伝導テープ線材による 3 次元鞍型巻き線の構成は難しく、制約された巻き線形状故、高次の多極磁界成分が大きくなる可能性がある。また、高温超伝導テープ線材内には、磁界の変化に伴って遮蔽電流が流れ、これが付加的な多極磁界成分を発生すると予想される。本研究では、Bi-2223 テープ線材で巻かれたダイポールマグネットの発生する多極磁界成分を測定し、二次元近似解析の結果と比較検討した。

2. 実験方法

多極磁界成分の測定には、回転ピックアップコイル法 (Fig. 1) を用いた。ピックアップコイルを回転して得られる信号から磁界の角度依存性を求め、それを Fourier 展開することで多極磁界成分を求めた。

3. 結果および考察

30 A の電流を流した時の、多極磁界成分の実験値と理論解析値を Fig. 2(a) に示す (ダイポール (2 極) 成分で規格化)。磁界解析は、Fig. 3(a) に示すようなマグネットの電流分布を仮定した二次元近似によるものである。実験値を見ると、ダイポール成分が最も大きく、高次成分ほど小さい。マグネットの対称性から考えて理論的にも出現すべき 2、6、10、14 極 (Allowed 極) では、実験値と理論解析値はよく一致している。また、理論上、理想的には零となるべき 4、8、12 極 (Un-allowed 極) の実験値は、Allowed 極より小さかった。

次に、30 A の通電電流を遮断したあとの、残留磁化による多極磁界成分の実験値と理論解析値を Fig. 2(b) に示す。磁界解析は、Fig. 3(b) に示すような電流分布を仮定して行った。通電電流を流した時と同様、実験値を見るとダイポール成分が最も大きく、高次成分ほど小さい。また、Allowed 極の実験値と理論解析値はよく一致していて、Un-allowed 極の実験値は Allowed 極より小さいことが確認できる。加速器用ダイポールマグネットにおいて、高次磁界成分はダイポール磁界成分に対して小さいことが望まれる。電流遮断後のダイポール成分に対する高次成分の大きさを見ると、通電中よりも大きいことが特徴的である。

4. まとめ

遮蔽電流による付加的磁界 (残留磁化による磁界) が発生していることを実験的に確認できた。今回は電流遮断後の付加的磁界の多極磁界成分を測定しているが、付加的磁界はマグネット励磁中にも現れていると考えられ、加速器用高温超伝導マグネットの磁界精度を損なう可能性があり、今後の検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共同シーズイノベーション化事業ならびに科学研究費補助金 (21360132) の助成を受けたものである。

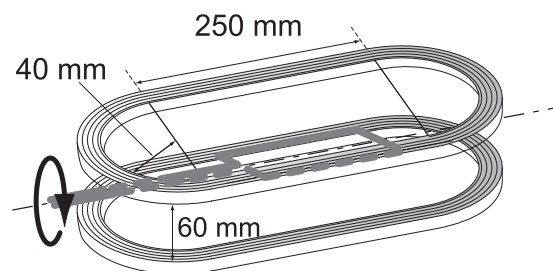


Fig. 1 HTS dipole magnet and pick-up coil

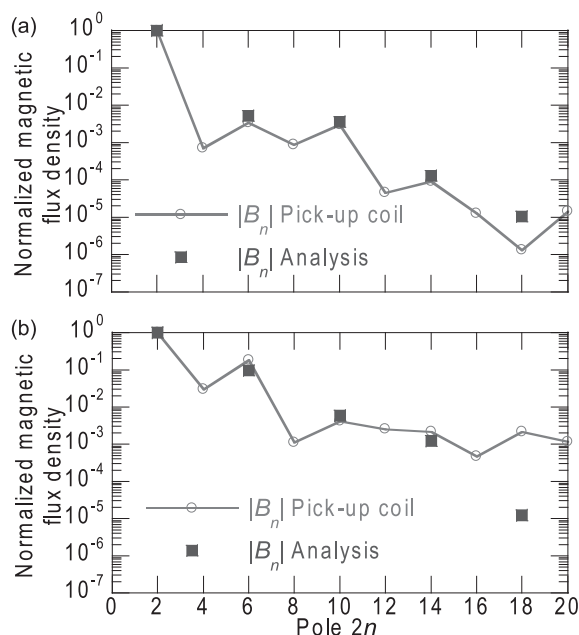


Fig. 2 Multi-pole magnetic field components: (a) when carrying transport current of 30 A, (b) after shutting down transport current

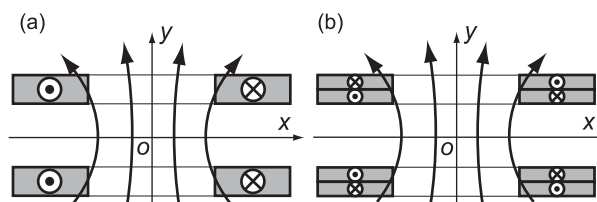


Fig. 3 Assumed current distribution: (a) when carrying transport current of 30 A, (b) after shutting down transport current