

3.2 電流設定分解能試験

BWDNLP ウィグラー電磁石電源で行った電流設定分解能試験について述べる。定格 1400 A 出力付近において、約 30 分ごとに DAC への入力値 (16 進数) を FFFF AF から FFFF 3F まで 16 LSB (least significant bit、最下位ビット) ずつ下げ、入力値を変えた直後の 10 分から 15 分程度の間に出力電流を 100 サンプル程度記録し、その変化を測定した。

電流安定度試験と同様に、出力電流の測定はデジタル電流帰還制御に用いている DCCT の出力 (定格電流で 10 V 出力) を、デジタルマルチメーターで読み取った。ただし、デジタルマルチメーターは、デジタル電流帰還制御に用いているものとは別に用意した Keithley 2002 (設定: 測定レンジ 20 V、積分時間 20 PLC、10 項移動平均処理) を用いた。測定結果を図 3 に示す。

図 3 からわかるように、およそ 1 ppm に相当する 16 LSB の段差がはっきりと現れていて、さらに高い設定分解能が期待できる。また、図 3 に示す DNL 誤差 (Differential Non-Linearity、微分直線性誤差) は、次のようにして求めた: DAC への入力を 16 ビット減らしたときの出力電圧の減分を 16 で割って $0.596 \mu\text{V} (= 10 \text{ V}/(2^{16}-1) = 1 \text{ LSB})$ を差し引いた。DAC 入力値を FFFF AF から FFFF 9F にした時の DNL 誤差が大きいが、DAC 入力値が FFFF AF の時に操作者が測定器等に触れてしまい、正しく測定できなかった可能性がある。これを除くと、DNL 誤差は $\pm 0.5 \text{ LSB}$ の範囲に収まっている。

4. まとめ

SuperKEKB 加速器用電磁石電源の開発状況として、昨年度製作した偏向電磁石およびウィグラー電磁石電源の概要と、その工場試験結果について報告

した。目標とした性能仕様は電流安定度が 2 ppm/day 以下、電流設定分解能が 0.1 ppm 以下である。これらを実現するために、デジタル電流帰還制御方式と 20 ビットの DAC を 16 個組み合わせる方式を採用した。工場試験の結果として、電流安定度は 1.2 ppm/4 時間 程度となっており、試験時間が 4 時間と短いものの目標値を満たすと期待できた。また、電流設定分解能の試験結果では、およそ 1 ppm に相当する 16 LSB の段差がはっきりと現れていて、さらに高い設定分解能が期待できた。

ところで、電流の安定度や設定分解能と異なり、電流リップルは負荷のインピーダンスに応じて大きく異なる。参考のために工場試験では模擬負荷を用いてリップルの測定も行ったが、模擬負荷は実負荷の定数と大きく異なるので測定結果の報告をここでは省略した。銅やアルミ製のビームダクトを採用する SuperKEKB 加速器ではリップルのビームへの影響は小さいと考えられるが、建設スケジュールが厳しく、実負荷に接続して調整および試験できる期間は非常に短いと思われるため、今年度に製作する電源を用いてフィルタ回路の検討などを引き続き行っていく予定である。

参考文献

- [1] KEKB 加速器における電磁石励磁電流リップルの分布測定、大木俊征ほか、第 7 回日本加速器学会年会 (2010).
- [2] Steering Magnet Power supply の高分解能化の実現、武部英樹ほか、第 2 回日本加速器学会年会 (2005).