

SuperKEKB のための 高安定度電磁石電源の開発



SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

世界最高のルミノシティを達成したKEKB電子・陽電子衝突型加速器の高度化計画として、SuperKEKB加速器の建設が進められてきた。2016年2月から始まった試験運転は6月まで行われ(Phase 1)、基本的なビーム調整とビームパイプの真空焼き出しを予定通り終えた。2017年度後半に予定されているビーム衝突運転(Phase 2)までの間に、衝突点にBelle II検出器と、その近傍に配置される超伝導電磁石を導入する予定である。SuperKEKB加速器では、2400台程度の電磁石用直流電源が運用されるが、そのうち2000台程度はKEKB加速器をオーバーホールした後、再利用したものである。本発表では、新規に製作した約400台の内、出力電流安定度やリップルなどの仕様が特に厳しい、超伝導主四極電磁石電磁石電源(2 kA・10 V, 1.9 ppm/8時間)、超伝導補正電磁石電源(± 70 A・ ± 10 V, 2.1 ppm/8時間)、偏向電磁石電源(860 A・1.1 kV, 1 ppm/36時間)(それぞれ定格出力、試験で得られた典型的な出力電流安定度)について紹介する。

■ 24ビット高分解能デジタル帰還電流制御方式

電磁石電源の電流出力安定度の要求仕様は加速器のビーム性能から要求され、特に厳しいものでは2 ppm/8時間となっている。そうした厳しい仕様を実現するために、デジタル帰還電流制御方式の開発を行った。図1に概念図を示す。この方式では、一般的なアナログ帰還制御に加えて、出力電流値を8.5桁のデジタルマルチメーターで高精度に計測し、指令値からの誤差を補正するデジタル帰還電流制御を行う。2 ppmの安定度を達成するためには、その1/10程度の分解能が必要であるので、新たに24ビット制御基板も開発した。この基板には2つの20ビットDAC(AD5791)を使用しており、24ビットの電流指令値を20ビットの粗調、4ビットの微調に分け、それぞれのDACに入力して、出力を加算する。モデル電源で試験を行ったところ、図2に示すような期待通りの結果を得た。

■ Phase 1で実証された偏向電磁石電源の安定度

モデルによる制御試験の成果をもとにして、超伝導主四極電磁石電源、偏向電磁石電源他の量産を行った。特に偏向電磁石電源は、Phase 1での運転で1.3 ppm/週の安定度を達成した。これはKEKB加速器の偏向電磁石電源での実績 20 ppm/週と比べて、大幅に向上している。本発表では、これらの試験結果について紹介する。

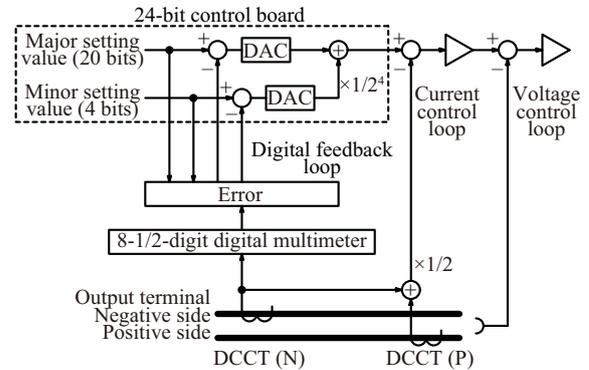


図1: 24ビット高分解能デジタル帰還電流制御方式

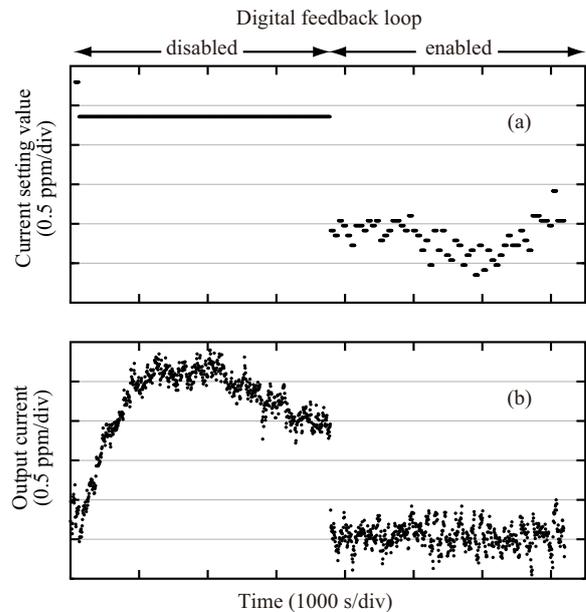


図2: デジタル帰還電流制御を無効/有効にした時の電流制御試験結果。500A, 15 Vのモデル電源で試験した。(a) 電流指令値、(b) 出力電流測定結果。デジタル帰還電流制御が無効の時には出力電流がドリフトするが、有効にすると指令値からのずれを精度よく計測し、24ビットの分解能で補正している様子が分かる。電流安定度は結果として1 ppm/1時間以下($\sigma = 0.16$ ppm)。

代表発表者 **大木 俊征 (おおき としゆき)**
 所属 **高エネルギー加速器研究機構
 加速器研究施設**
 問合せ先 **〒305-0801 つくば市大穂1-1
 TEL: 029-864-5200 ex. 4950
 toshiyuki.oki@kek.jp**

■キーワード: (1) 電子・陽電子衝突型加速器
 (2) 電磁石電源
 (3) 高安定度制御