

APPLE-II 型可変偏光アンジュレータ運用のための フィードフォワード電磁石電源制御システム

岩崎能尊, 金安達夫, 高林雄一, 江田茂

九州シンクロトロン光研究センター

APPLE-II 型可変偏光アンジュレータは、ギャップ間隔の変更だけでなく、上下 2 列の対向する磁石列をビーム軸方向に移動させることにより、偏光度が異なる光子の生成が可能なアンジュレータである。アンジュレータが生成するダイポール磁場、4 極成分および skew4 極成分は、ギャップおよび位相に対して異なる。ダイポール磁場はビーム軌道の変位を生じ、また、チューンシフト、skew4 極はビームサイズに影響を与える。従って、ユーザ運転中において、アンジュレータの自由な操作を可能とするためには、ギャップおよび位相に応じたダイポール磁場、4 極磁場、skew4 極成分を抑制するためのシステムが必要である。

ダイポール磁場に関してはアンジュレータ上下流のステアリング電磁磁石を用い、チューンシフトに関しては同じく上下流の 4 極電磁石補正コイル、skew4 極に関しては、ワイヤー型 skew コイルを用いて補正した。ただし、ビームを用いて実験的に得られるのは、ある特定のギャップ、位相に関する離散的な 2 次元の情報に関するものである。任意のギャップ、位相に関する補正データを得られるようにするため、ギャップおよび位相に対する離散的な 2 次元データを、多項式フィットと直線補間を用いて連続的な 2 次元関数に拡張した。

また、アンジュレータにより生じるこれらの磁場は、ギャップ、位相に対して一意であり、再現性がある。このため、フィードフォワード方式による電磁石電源制御システムを開発した。上記システムにより、ビーム軌道の変位は、基準軌道に対して $10\mu\text{m}$ 以下、ビームサイズの変動は 2%以下に抑制された。

APPLE-II型可変偏光アンジュレータ運用のための Feed-forward 電磁石電源制御システム

岩崎 能尊, 金安 達夫, 高林 雄一, 江田 茂

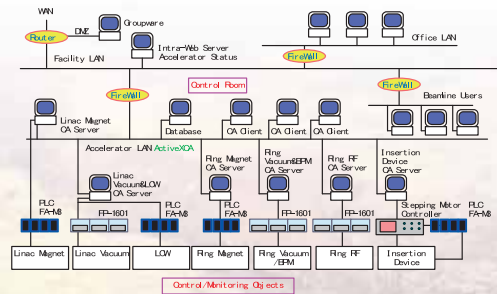
Introduction

SAGA Light Source (SAGA-LS) 電子蓄積リングの長直線部LS2に設置されたAPPLE-II型アンジュレータは、光子のエネルギーだけでなく、任意の偏光度が得られる挿入光源である。放射される光子は、県有Beam line 10で各種物性研究に用いられている。

挿入光源は、通常の偏向電磁石からの放射光よりも輝度が高く、優れた性能をもたらすものであるが、一方、運用にあたっては、電子蓄積リングの諸性質を変化させないことが重要である。挿入光源の設置により、Dipole磁場による電子軌道の歪み、Quadrupole磁場によるチューンシフト、Skew Quadrupole成分によるビームサイズの変動が生じる。そのため、他の放射光ユーザーに影響を与えずに、APPLE-IIアンジュレータの運用をするためには、上記の磁場成分を打ち消すための補正システムが必須である。

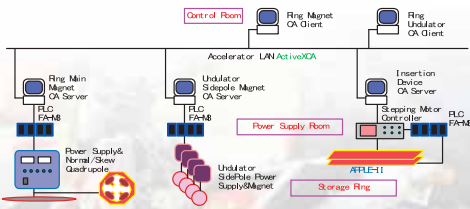
軌道歪みを生じさせるDipole磁場、チューンシフト、ビームサイズの変動を与えるNormalおよびSkew Quadrupole磁場の補償には各々それらの磁場を発生させる電磁石を用いた。また、その補償するための磁場の強さはアンジュレータの磁場測定データによってではなく、直接ビームへの影響を観測することにより決定した。本報告会において、APPLE-II運用のためのFeed-forward電磁石制御システムについて報告する。

System Layout



SAGA-LS加速器制御システムの概略図を示す(Beam LineおよびOffice LANも含む)。近年、Linac制御システムもデジタル制御化されたが図中では省略している。APPLE-II(Insertion Device)は制御室およびBeam Lineサイドからの制御が可能である。Firewallにはセキュリティを考慮したポリシーが設定されている。

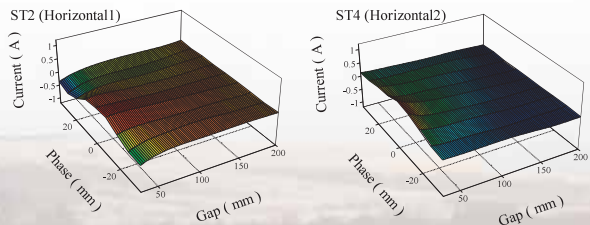
Feed-forward Magnet Control System



APPLE-IIの制御は、ツジ電子製ステッピングモーターコントローラおよびPLCにより行っている。APPLE-II制御サーバは、ローカルモードでの制御の他、制御室およびBeam Lineからの制御を可能としている。APPLE-IIサーバにより10Hzで書き出されるギャップ位置、位相位置は、電磁石電源サーバにより自動的に読み取られる。ギャップおよび位相に応じたDipole、Quadrupole及びSkew Quadrupole成分を生じさせる電流値は、Feed-forward方式により出力させている。

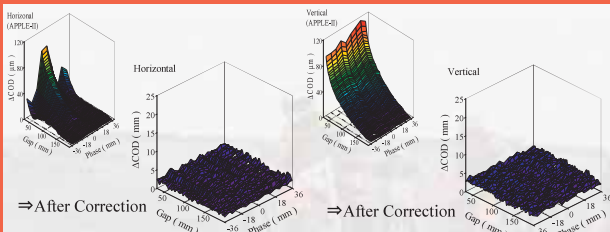
サーバ間およびサーバクライアント間通信には、EPICSをWindowsでエミュレートするActiveX CAを用いている。

Correction Tables



ビームの挙動が観測されるのは、離散的なギャップ値、位相に対してであるが、補正テーブルは、任意のギャップ値および位相値における補正値が得られるようにフィッティングにより求めた。例としてHorizontal Dipoleテーブルを示す。

Correction Result (Closed Orbit Distortion)



APPLE-IIによるDipole Kickによる軌道歪みと、Feed-forward補正方式による軌道補正結果を示す。補正前は、100μmあった軌道歪みの標準偏差(基準軌道に対する)は、10μm以下まで抑制された。軌道補正は、APPLE-II上下流のステアリング電磁石2台により実施されている。

軌道補正に必要なステアリング電磁石の電流値は、軌道歪みを最小とするよう、最小二乗法により求めた。

Summary

APPLE-II型可変偏光アンジュレータは、ギャップ間隔の変更だけでなく、上下2列の対向する磁石列をビーム軸方向に移動させることにより、偏光度が異なる光子の生成が可能なアンジュレータである。アンジュレータが生成するダイポール磁場、4極成分およびskew 4極成分は、ギャップおよび位相に対して異なる。ダイポール磁場はビーム軌道の変位を生じ、また、チューンシフト、skew 4極はビームサイズに影響を与える。従って、ユーザ運転中において、アンジュレータの自由な操作を可能とするためには、ギャップおよび位相に応じたダイポール磁場、4極磁場、skew 4極成分を抑制するためのシステムが必要であった。

Dipole磁場に関してはアンジュレータ上下流のステアリング電磁石を用い、チューンシフトに関しては同じく上下流の4極電磁石補正コイル、skew 4極に関しては、ワイヤー型skewコイルを用いて補正した。ただし、ビームを用いて実験的に得られるのは、ある特定のギャップ、位相に関する離散的な2次元の情報に関するものである。任意のギャップ、位相に関する補正データを得られるようにするため、ギャップおよび位相に対する離散的な2次元データを、多項式フィットと直線補間を用いて連続的な2次元関数に拡張した。

上記システムにより、ビーム軌道の変位は、基準軌道に対して10μm以下、ビームサイズの変動は2%以下に抑制された。