

STATUS OF LOCAL BUMP SYSTEM FOR FAST POLARIZATION SWITCHING

Shunya Matsuba^{A)}, Kentaro Harada^{B)}, Yukinori Kobayashi^{B)}, Takashi Obina^{B)}, Shinya Nagahashi^{B)}
 Tsukasa Miyajima^{B)}, Ryota Takai^{B)}, Miho Shimada^{B)}

^{A)}Hiroshima University

2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima city, Hiroshima, 739-0046

^{B)}High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Ooho, Tsukuba city, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Tandem APPLE-II (Advanced Planar Polarized Light Emitter – II) type variably polarizing undulators and five bump kicker magnets will be installed in BL-16 of the Photon Factory storage ring. Five bump kicker magnets alternately delivered photon from two undulators by switching local orbit bump inside undulators. At present, the installation of one undulator and a bump system were completed and the machine studies for orbit switching are in progress. After the commissioning, the machine studies to switching local orbit bump were conducted. But leakage of bump exists and increased with switching frequency. In this paper, we describe an overview of the system, and the principal parameters of the bump magnets. Additionally, we present the preliminary results of the machine studies.

偏光高速切り替え用バンブスイッチングシステムの現状

1. 序論

高エネルギー加速器研究機構PFリングでは、放射光の偏光特性に依存する物性を測定するため、偏光スイッチングとロックインアンブを組み合わせた実験が計画されている。10Hz以上の周波数で偏光スイッチングを実現するため、直列に2台のアンジュレータを並べ、アンジュレータ内部での軌道を高速で切り替える方法が採用された。

バンブ軌道のスイッチングには偏向電磁石5台を、それぞれ独立した電源で用いる。

可変偏光アンジュレータにはAPPLE-II型[3]を使用する。このアンジュレータはギャップ駆動だけでなく、4列の磁石を任意に動かすことが可能であり、偏光を切り替えるほか、ギャップを固定したままの状態を実効的に光のエネルギーを変えることができる特徴を有している。

電磁石、電源、アンジュレータ1台は磁場測定を終え、2008年3月にPFリングにインストールされた。その後現在に至るまでマシンスタディが継続されている。ここではマシンスタディの結果を中心にバンブシステムの現状を報告する。

2. システムの概要

偏光スイッチングシステムの概要と、電磁石配置を図:1に示す。偏光切り替えシステムは、2台のアンジュレータと、5台のバンブ電磁石から構成される。バンブシステムの上流と下流には、バンブの漏れを補正するためのステアリング電磁石が2台ずつ、計4台並んでいる。

このシステムでは、2台のアンジュレータを同一直線状に設置し、電子軌道に交互に角度バンブを作ることにより、2台のアンジュレータからの光を交互にビームラインに届ける。光を遮るためには電子軌道が0.3mrad傾ける必要があり、幾何学的な配置から電磁石に必要なとされる最大蹴り角は2.4mradとなる。加えて10Hz以上のスイッチング周波数を可能とするため、電源の容量は5kw(±100A, ±50V)とし、0.5mmの珪素鋼板を積層して製作した。電磁石及び電源の主要な性能を表1に示す。

偏光のスイッチングは交流的に行われることになっている。電磁石電源は川崎重工製のVMEボード(VMIVME-7750)を用いて電源のON、OFFや電圧、電流モニターを行っており。電流波形の制御にはAgilent製の4chDACモジュール(L4451A)を使用している。

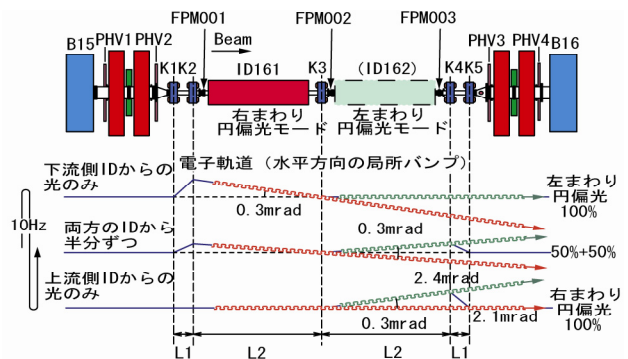


図:1 スwitchングシステムの概要

¹ E-mail: shunya@post.kek.jp

ビームエネルギー	E [GeV]	3
最大蹴り角	θ [mrad]	2.4
最大磁場	B [T]	0.16
磁極垂直ギャップ	h [mm]	21
磁極水平幅	w [mm]	110
鉄芯長	l [mm]	150
コイル巻数	N [turns]	32
インダクタンス(計算値)	L [H]	1.0×10^{-3}
必要最大電流(計算値)	I [A]	83.5
抵抗	R [W]	0.1
周波数	f [Hz]	10
必要最大電圧(計算値)	V [V]	13.7
硅素鋼板厚	t [mm]	0.5

表:1電磁石特性

3. 磁場測定

次に磁場測定の結果を述べる。励磁曲線、磁場分布、周波数応答を測定した。測定にはホール素子(F.W.BELL)と、FFT測定器(HP製3562A)を用いた。

電磁石は最大で0.188Tの磁場が観測され、±100Aで励磁すると0Aの時±14G程度の磁場が残った。次に磁場分布の結果を述べる、水平方向の磁場分布は、±35mmで $\Delta B/B < 1 \times 10^{-3}$ の範囲で一定。

次に周波数応答の結果についても測定した。

電磁石、電源の個体差は0.1%の範囲に収まっており、要求された性能を満たしていた。

4. マシンスタディ

4.1 バンプ軌道のスイッチング

バンプ電磁石、及び、アンジュレータをインストール後、マシンスタディを続けてきた。マシンスタディの目的は、10Hz以上でバンプをスイッチングするとともに、その際のバンプの漏れを他のビームラインの実験に影響しない範囲に抑えることである。その目安は、ビームサイズの1/10程度の大きさであり、PFリングでは垂直方向に±15 μm 、水平方向に±5 μm である。

バンプの調整実験を経て、バンプのスイッチングが成功しているのをバンプの内側にあるBPMを用いて確認した。結果を図:2に示す。ビームの位置が0.9mm、正弦的に変化し、FPM001とFPM003の位相が反対になっていることからバンプのスイッチングには成功しているようである。

4.2 低速スイッチング中のバンプの漏れ

次にバンプスイッチングの最中のバンプの外側でのビーム位置を測定しバンプの漏れについて評価した。始めに0.1Hzでスイッチングしている時のリング一周にわたるビームの振動を測定した。図:3、図:4にその結果を示す。アンジュレータのギャップ

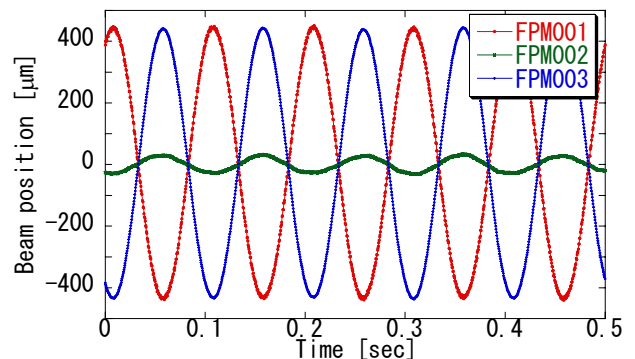


図:2 10Hzでバンプをスイッチング中のバンプ軌道上のビーム位置

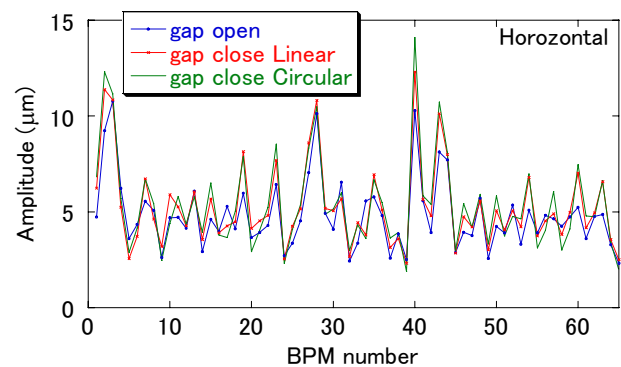


図:3 スwitching周波数0.1Hzでの水平方向のビームの振動の大きさ

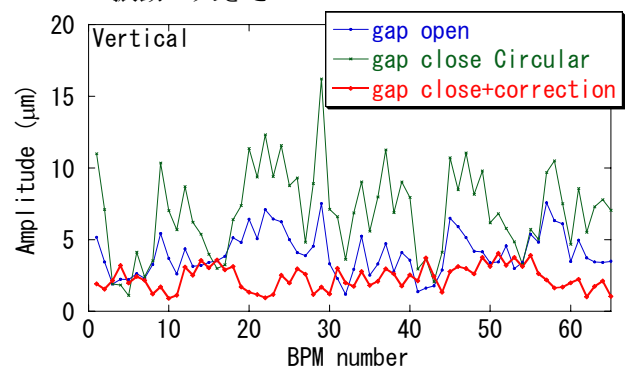


図:4 スwitching周波数0.1Hzでの垂直方向のビームの振動の大きさ

を閉じると、Skew4極成分により垂直振動が増大する。またバンプ電磁石の傾きによる振動も存在する。垂直方向にはPHV2,PHV3をバンプ電磁石と同期して励磁してやることで補正を試みた。ステアリング電磁石の蹴り角を調整することで、RMSで2 μm 程度に振動を抑えることができた。

4.3 高速スイッチング中のバンプの漏れ

次に10Hz以上でスイッチングを行い、PFリングのセル26から、セル4の間の5か所でビーム位置を測定した。図:5に水平方向、図:6に垂直方向のビームの振動の振幅を示した。

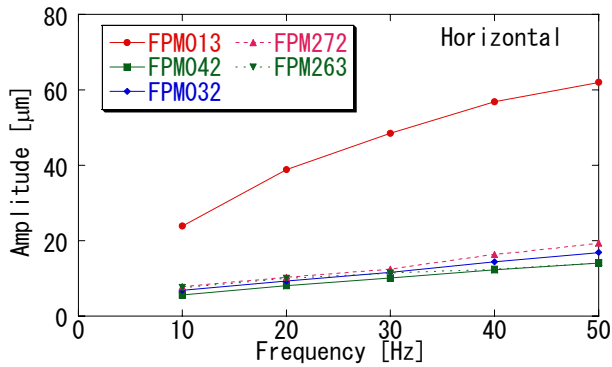


図:5 水平方向ビーム振動のスイッチング周波数に対する依存性

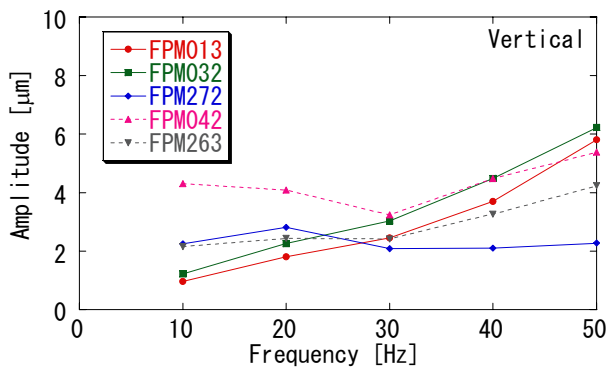


図:6 垂直方向ビーム振動のスイッチング周波数に対する依存性

周波数の上昇とともにバンプの漏れが増加していることが分かる。これは電磁石の個体差や渦電流によるものだと考えているが、はっきりとしたことはわかっていない。

水平方向のバンプの漏れにより、バンプの外側のビームがスイッチングと同期して振動しており、また、バンプの高さ最大からずれた位相で、バンプの漏れが最大となっているようだったので、PHV2,3をスイッチング周波数と同じ周波数で励磁し、バンプの外側でのビームの振動が最小となる位相や蹴り角をサーベイした。周波数は50Hzで行った。図:7にステアリング電磁石の位相を変化させた時の、FPM013におけるビーム振動の振幅を示す。これはビームの振動を高速フーリエ変換し、50Hz成分の絶対値をプロットしたものである。ステアリングの蹴り角に対しても同様のサーベイを行った。その結果PHV2（上流バンプ）では300度の初期位相で、PHV3（下流バンプ）では280度の初期位相で漏れが最小となった。その時のビームの様子を図:8に示す。FPM013の位置で、ビームの振動を21μmに、FPM122の位置で、17μmに抑えることができた。この値は目標の±15μmの範囲である。

ステアリング電磁石を両側1台ずつしか用いていないのでバンプの漏れを完全に補正することができていない。またそれ以外にもスイッチング周波数の

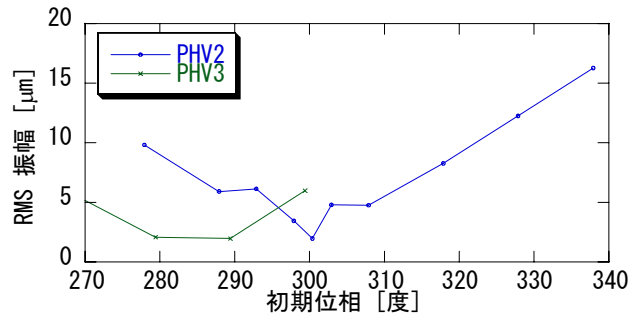


図:7 ステアリング電磁石の初期位相を変化させたときのFPM013での50Hz成分の大きさ

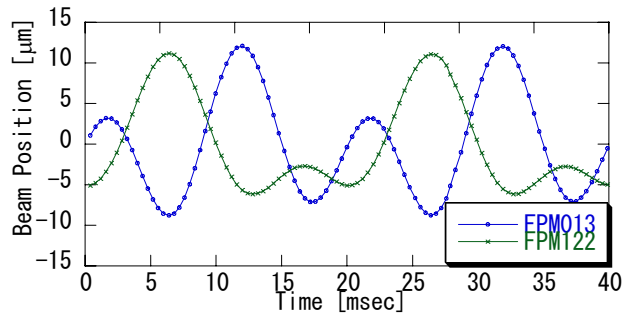


図:8 補正を行った時のバンプの外側でのビーム位置。50Hzと100Hzの成分だけを取り出してプロットしている。

2倍の成分が見えてきているようなので、補正電磁石は高調波も含めて制御しなくてはならない。

5. まとめ

2008年5月から、バンプシステムによる、10Hz以上の交流的な軌道スイッチングを目指して、マシンスタディを行ってきた。その結果、バンプのスイッチングには成功したが、バンプの漏れが、周波数の上昇とともに増大することが分かった。渦電流による位相遅れや磁場の減衰の効果によるものであると思われるが、解明には至っていない。バンプの漏れは、補正により目標の大きさまで抑えることができた。今後、2倍波の影響を抑えることも含めて、4台のステアリング電磁石を用いて、バンプの漏れをさらに小さくしていくことを考えている。

参考文献

- [1] 小林幸則, “高速スイッチングに対するリング軌道の安定化”, 「新BL-16高速可変偏光スイッチング軟X線分光ビームラインの検討」報告, KEK Internal 2005-7
- [2] C. Sanchez-Hanke, et al, “The use of fast-modulated elliptically polarized soft x-rays in the detection of small polarization signals”, Proc. of SRI 2007, to be published
- [3] 山本樹, “KEK-PFにおける高速偏光切り替え光源の開発”, 加速器学会 2008, プロシーディングス