

EFFECT OF QUADRUPOLES ELECTROMAGNETS FOR RIPPLE REMOVAL OF SLOW EXTRACTION (FROM THE DATA OF KEK 12 GeV PS)

Kouichi Mochiki^{A)}, Hiroki Abasaki^{A)}, Masahito Tomizawa^{B)}, Akio Kiyomichi^{B)}, Hidetoshi Nakagawa^{B)}
^{A)} Tokyo City University

1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo 158-8557, Japan

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization
 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801 Japan

Abstract

When J-PARC slow extraction is considered, KEK 12 GeV PS Slow extraction is utilized as a comparison object. However, the discussion based on sometimes inaccurate information does. It tried to summarize the situation in the ancient in order to understand the situation in those days.

遅い取り出しのリプル除去用4極電磁石の効果

1. 序

J-PARCの遅い取り出しシステムを考察する際にKEK 12 GeV PSの遅い取り出しシステムを参考にする。KEK 12 GeV PSの遅い取り出しシステムではスピルを台形にするのに取り出し共鳴調整電磁石 (EQ) が使われ、リプルを除去するのにリプル除去電磁石 (RQ) が使われていた。20年以上も使われているうちに様々な変更が加えられた。最終的にはDSPを使ったデジタル方式のフィードバック装置に置き換えられた。

このシステムを考察の材料にするために、改めて特性の分析がなされた。そこで、

DSPフィードバックを使った特性試験のデータやスピルの様子を再現してみる。

2. 特性

スピルを台形にするEQの電流制御は目標値となるム強度から算出した電流値と取り出し時間を指示するゲート信号を入力とする。それに出力電流が合うように (誤差を0にするように) 誤差信号を積分し操作量を作りフィードバックをかける。リップルを

抑制するRQは誤差を減少させるように、誤差信号を増幅して操作量を作りフィードバックに使う。ただし、1KHz付近で発振するのを防ぐように、ローパスフィルタの特性を加える。この様子を図1で示す。

これを組み合わせて使用すると図2のようになる。加速器内のビームは一樣でなく、運転の時期によっても分布形状が変わるために、一周期内でも特性を時々刻々と変え、また、その時々でも微細な調整を加えた。図2に当時の変更内容も記載した。

3. 特性試験

RQのカットオフ周波数は実験的に求められた。KEK 12 GeV PSでは2系統で4個のRQを使っていた。RQのLPFの特性とゲインは加速器のビーム分布に依存する。そのために加速器の調整が変わればそのつど調整する必要があるが、表1にゲインとカットオフ周波数 (Fc) の関係に関して実験したデータをつける。また、表2に2系統のRQのゲインの組み合わせの実験データをつける。

運転時にはこの種の知識を基に必要に応じて適切な値を探索する。

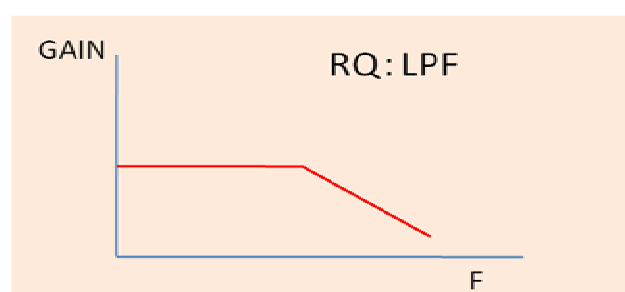
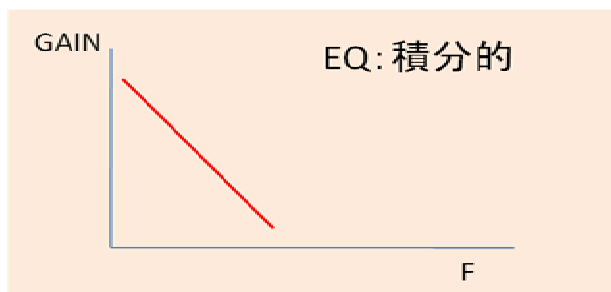


図1 EQとRQの特性

積分的EQとカットオフ周波数 (Fc)が高いLPF特性のRQ

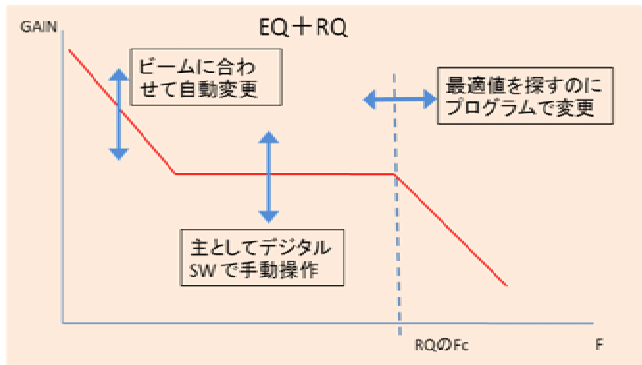


図 2 総合特性とフィードバックの特性操作

きいが、フラットな部分はほとんどは50Hzであり、強度は 3 - 4 % 程度である。
 ただし、このグループの複数のデータを分析したところ1KHz程度で発振する場合があった。

5. まとめ

通常運転において図 3 の様な最良調整を行った場合、外乱が大きくなるとビームの分布形状が変わらしく、リップル率が異常になる程度が大きくなった。また、EQとRQでこの様に特性を分担した場合、RQの調整はスピルのリップル率を下げる上で非常に効果があった。

ただし、電力ラインの変動が大きく主電磁石の電源の電流変動が大きい場合には、EQやRQの電圧制限

表 1 ゲインとFcの組み合わせ試験データ (参考例)

Date:020305

		Gain(relative)				
		NO_RQ	1	2	5	Fin
		0.12281				
	100		0.08782	0.08098	0.11803	
Fc	300		0.08446	0.07337	0.13215	
(Hz)	500		0.08212	0.07189	0.12013	
	1000		0.08253	0.07032	0.10433	
						0.06835

表 2 2系統のゲインの組み合わせ試験データ (参考例)

Date:040322

		Attenuator-1 (dB)				
		0	2	4	6	8
Attenuator-2 (dB)	0	0.369	0.386	0.286	0.379	0.392
	2	0.071	0.091	0.113	0.130	0.130
	4	0.056	0.047	0.066	0.051	0.059
	6	0.068	0.056	0.065	0.044	0.079
	8	0.106	0.097	0.103	0.054	0.096

などの問題で十分機能できなかった。

4. 最良のスパイル

スピルのリップル率(面積に対する交流成分の割合)を最小にし、ゆっくりした変化もないようにする試験も行った。図 3 は幾つかの試験の結果から最良のパラメータで運転した時のデータの一つである。このスピルの周波数成分を時間的に区切って分析し繋ぎ合せて表示したのが図 4 である。左右に周波数を、上下で時間を、色で成分の強度を表現する。暖色が強度大である。立ち上がりと立下りで強度が大

6. 謝辞

KEK 12GeV PS のメンバーだった全員に感謝の意を表します。また元武蔵工業大学の学生でシステム開発に協力してくれた皆さんに感謝の意を表します。

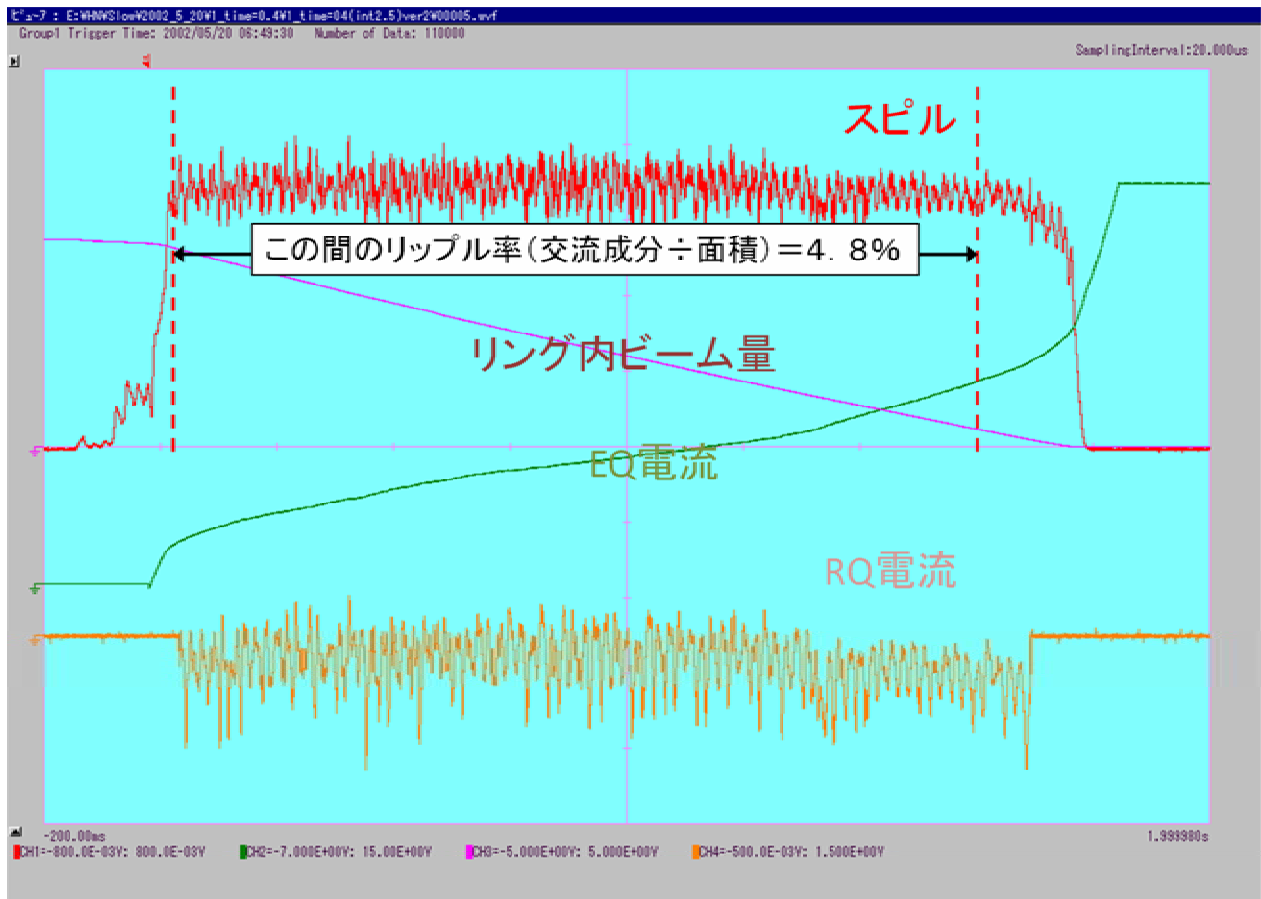


図 3 最良条件下でのスピル

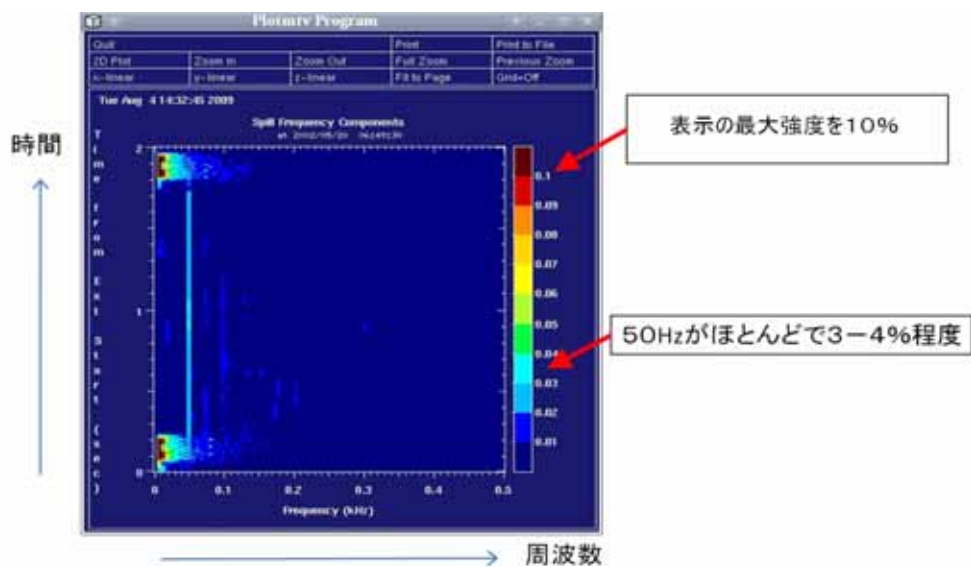


図 4 図 3 のスピルの周波数成分 横：周波数 縦：時間 色：強度