

Parameter management in KEK Linac

Takuya Kudou^{1,A)}, Shiro Kusano^{A)}, Kazuro Furukawa^{B)}, Masanori Satoh^{B)}

^{A)} Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd
2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045

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

Abstract

The KEKB injector delivers the different kinds of beams to four independent storage rings (KEKB e-/e+, PF, PF-AR). The parameter management is a very important for the long-term stable beam operation. In this paper, we will present Parameter management in detail.

KEK Linacにおけるパラメータ管理

1. はじめに

KEK電子・陽電子線形加速器(KEK Linac)は、KEKB(8 GeV電子/3.5 GeV陽電子)、PF(2.5 GeV電子)及びPF-AR(3 GeV電子)の4つの異なるリングへビームを供給する入射器である。通常、PF及びPF-ARは1日2回の定時刻入射を行い、その他の時間は、常時KEKB電子・陽電子リングへの連続入射を行っている。各リングへのビーム入射は、異なる質(電荷量・エネルギーなど)のビームが要求されるため、入射先のリング毎に、最適な入射器運転パラメータへ切り替えて運転する事となる。これらの運転パラメータには、電子銃高電圧設定値・低電力RF位相・電磁石磁場設定値及びタイミング設定値などが含まれ、切り替えを要するパラメータ総数は700点以上に及んでいる。

また、室温、冷却水温変動、或いは高電圧設定値の変更などに伴い、ビームに対するクライストロン出力RF位相が変化すると、ビームのエネルギーゲインが変化し、ビーム輸送効率及びビーム入射効率の低減を招く事となる。このような事態を避けるために、RFの基準位相を測定・設定するための定期的なフェージングを行っている。RF基準位相の把握ひいてはビームエネルギーの厳密な管理は、安定なビーム運転を行う上で非常に重要となる。長期安定的なビーム運転を行うためには、これら数多くの入射器運転パラメータを厳密に管理する事が不可欠となる。

さらに、現在進行中の入射器アップグレードに於いては、入射器運転パラメータを高速且つ複雑に切り替える事による4リング同時入射を目指している^[1]ため、パラメータ管理の重要性が飛躍的に増大すると考えられる。本稿では、これら入射器パラメータ管理の現状・問題点及び改善策について詳述する。

2. 制御系概要

KEK Linacの制御システムは、複数のUnix計算機(HP Tru64 Unix)によるサーバ計算機部、多様なフィールドバスを基本とした機器制御部(VME x27台、PLC x約150台、CAMAC x11台)及びオペレータインターフェイス部の3階層から構成されており、制御システムの標準モデルに準拠した物である。

大電力クライストロンシステムが設置されているクライストロンギャラリー部に於いては、クライストロン電源の放つ強力な電磁パルスノイズの影響を避けるため、光ファイバー(10Base-FL, 100Base-FX)によるネットワーク接続方式を採用している。機器制御部に於いては、機器毎に開発したクライアント/サーバ型プログラムを用いている。これは、TCP/UDP通信及びRemote procedure call (RPC)を基本とした独自開発のライブラリ群によって構築されている。

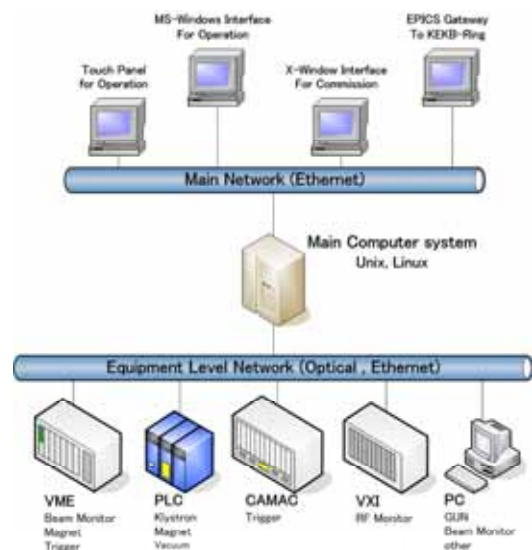


図1: KEK Linac 制御系概要図

¹ E-mail: kudoh@post.kek.jp

一方、KEKBなどのリング制御システムに於いては、近年の加速器制御に広く利用されているEPICSが採用されている。リング制御システムとの親和性を高めるために、Linac制御システム及びEPICSシステムのシームレス化が強く望まれていた。このため、現在に於いては、すべての入射器パラメータはEPICSレコード経由での設定・読み出しが可能となっている。また、リング制御システムと共通なアーカイブシステムを導入することにより、入射器パラメータ及びリングパラメータ間の相関調査が容易となり、入射率低下時等の障害時に於ける効率的な原因究明・対処が可能となった。

3. パラメータ管理の現状

3.1 ビームモードパラメータ

KEK Linacは、4つのリングへ異なる品質のビームを、異なる入射器パラメータ(ビームモード)を用いて供給している。ビームモードの切り替えにおいては、各機器のパラメータ再現性を高信頼性の基に実現する事が重要となる。現在、運転用ビームモード切り替えソフトウェアは、下記項目に関する設定を行っている。

- ◆ ビームトランスポートラインの選択
- ◆ 電磁石の初期化
- ◆ 入射リング旋回周波数及び電子銃タイミングの同期
- ◆ 電子銃のパラメータ設定
- ◆ 陽電子ターゲットの操作
- ◆ ビーム繰り返し設定
- ◆ RF位相の設定
- ◆ 電磁石磁場の設定
- ◆ RFタイミングの設定(ビーム加速/待機モード)
- ◆ ビーム位置モニタのデータ収集系制御
- ◆ 制御室での音声アナウンス

これらの項目はオペレータ判断の基、選択・非選択を容易に変更することや、変更状態の迅速な保存が可能である。上記リスト中、“設定”と記した項目に於いては、フィードバック制御などにより設定値が毎回異なるため、ビームモードを切り替える毎に、全てのパラメータを保存している。通常、直前の同一ビームモードにて使用したパラメータが適用されるが、耐障害性を高めるために、それ以前に保存したパラメータを、オペレータの判断で瞬時に読み出し・設定することも可能となっている。

ビームモード切り替え終了時には、切り替えるべきパラメータ値及び現設定値との差分が表示される。これにより、計算機トラブル等によりパラメータ設定が正常動作しない場合に於いても、ビーム入射を行う前に発見・対処が可能となる。現在、KEKBの連続入射が行われているため、KEKB電子・陽電子モード間に於けるビームモード切り替え回数は、1日約500回に及んでいる。

3.2 パラメータ設定パネル

KEK Linacでは、温度変動を始めとする種々の外乱に起因したビーム品質の劣化時などにビーム調整を行っている^[2]。ビーム調整に於いては、RF位相、電磁石磁場、タイミングパラメータなどを主に調整する。これらの膨大なパラメータを正確に管理するため、専用ソフトウェア(Linac Parameterパネル)を開発した。本ソフトウェアは、ユーザーが任意で保存したパラメータに加え、ビームモード切り替え毎に記録されるパラメータ、定期的(5分おき)に保存されるパラメータ等を統一的に取り扱うことが可能である。さらに、本ソフトウェアは多数のオプションを選択可能であり、機器の設置場所や種類によるパラメータ選択を、ビームモード毎に行うことが出来る。



図3：パラメータ設定パネル

3.3 フェージングパラメータ

KEK LinacのRFシステムは、約60台に及ぶ大電力クライストロンから構成されている。通常、クライストロンギャラリー内の室温・冷却水温変動などの環境変化や、クライストロン電源の印可高電圧値の変更などに起因し、加速RFの出力振幅及び位相ひいてはビームエネルギーが変動することとなる。このため、RFのクレスト位相を測定・把握し、その変動に合わせて調整(フェージング)を行うことが重要である。このため、フェージング用ソフトウェアを開発し^[3]、ビームエネルギーが大きく劣化した場合やマシンスタディ時に測定を行っている。

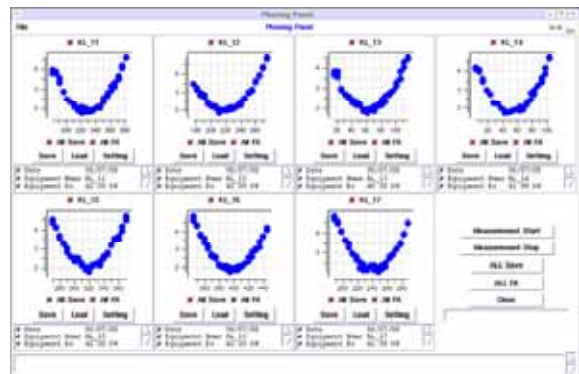


図4：フェージング測定パネル

3.4 サブブースタークライストロン用タイミング信号最適化

タイミング信号は、室温の年較差などにより変動する場合が見受けられる。大電力クライストロンをドライブしているサブブースタークライストロンへのタイミング信号が変動した場合、サブブースター配下にある8台の全クライストロン出力に変動が生じる。このような事態を避けるため、定期的なサブブースター用タイミング測定を実施し、最適値への調整を行っている。本測定には、クライストロンフェージングと同等なソフトウェアを開発し、使用している。

4. パラメータ管理の課題・問題点

4.1 パラメータファイル数

KEK Linacのパラメータは、ビームモード切り替え毎に、その全てが独立ファイルへ保存されている。KEKBの連続入射により、ビームモード切り替え回数が増加したため、保存されるパラメータファイル数も飛躍的に増大し、数ヶ月で数万のファイルが保存される事態となった。これらのファイルは、全て同一ディレクトリ配下に保存されていたため、ディスクパフォーマンスが著しく低下し、パラメータ読み出しなど速度が低下することとなった。さらに、動作時にファイルリストを読み込むパラメータ設定パネルがフリーズしてしまう不具合がたびたび発生した。このような障害を解消するために、動作時にはファイルリストを読み込まない様なソフトウェア改修を行った。また、定期的に古いパラメータファイルをバックアップ用ディレクトリへ移動する対処を行っているが、より根本的な対策が必要である。秋からは、高パフォーマンスのネットワークディスク導入が予定されており、試験及び準備を進めている。

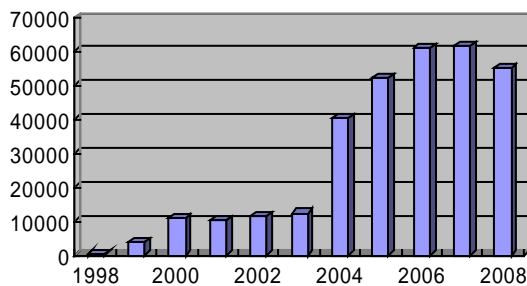


図5：年毎のビームモード切り替え回数

4.2 フェージングの測定頻度

全クライストロンのフェージングには、測定途中に障害の無い理想的な場合に於いても、3時間程度を要する。以前のLinac運転形態に於いては、月に1

度の間隔でフェージングを実施していたが、KEKBの連続入射運転開始以降、ビーム測定及びビーム調整を行う時間の確保が困難となっている。将来計画である4リング同時入射が実現すると、さらに測定時間の確保が困難となる。そのため、測定時間の短縮化や入射に使用しないビームをパルス的に選択し測定へ利用するなど、より高度な測定方法の検討を行っている。

4.3 ビームモードの増加

近頃、同時入射に向けたマシンスタディを実施する機会が増えたため、通常運転時と大きく異なるパラメータを用いて入射する機械が増大した。これらのパラメータが、通常運転用パラメータと混在し、ビーム入射に遅延を来す場合があった。

このような事態を避けるため、通常運転用のビームモードとは独立したスタディモードを増設する事を検討している。これにより、通常運転用及びスタディ用パラメータの明確な分離が可能となるが、ビームモード数が倍増し、より運転パラメータの管理が複雑化する。

5. まとめ

KEK Linacでは、4つの異なるリングへビームを供給している。ビームを入射するリング毎に、700点以上のLinacパラメータを切り替える必要がある。これらのパラメータは、専用ソフトウェアによって統一的に管理されている。

今後、高速ビームモード切り替えによる4リング同時入射が実現すると、様々なパラメータの扱いが複雑化する事となるが、さらに安定且つ効率的なLinacビーム運転の実現を目指し、より高度なパラメータ管理システム構築を進めて行く。

参考文献

- [1] 佐藤政則. “高速ビームモード切り替えのためのKEK入射器アップグレード現状報告”, these proceedings.
- [2] 花村幸篤. “KEK電子陽電子入射器における高品質ビーム維持”, Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabishi, Aug 4 - 6, 2004.
- [3] 工藤拓弥. “KEK電子陽電子入射器におけるフェージングシステムの開発”, Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, Kyoto, Aug 7 - 9, 2002.