

An RF Monitor System for KEKB Linac

H.Katagiri, H.Hanaki, Y.Otake

National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305

Abstract

An automatic monitor system, which can measure waveforms, peak power and phases of RF signals, has been developed in order to obtain a stable operation of an RF system for KEKB linac. The VXI-bus system which comprises a computer and some I/O devices, were chosen as a device controller of the monitor system for fast data taking. The monitor system also has automatic operating functions, such as SLED conditioning and phase adjustment. Software developing time has been reduced by a graphical programming tool. The system has stably operated in a noisy environment as the klystron gallery.

KEKB用マイクロ波モニタシステム

1. 概要

KEKB計画に於て、リニアックはエネルギーの幅やジッターが十分に小さく安定した質の良いビームをリングに供給しなければならず、また入射時間も増加することからマイクロ波源にもより高い安定性が要求される。KEKB入射器用のマイクロ波源増強としては、50MW級クライストロンと電力増倍装置であるSLEDの導入及び、これに伴うパルス電源の改造を進めている[1]。SLEDを用いた新しいシステムの場合、空洞の温度変化や調整ミスによる共振周波数のズレなどマイクロ波出力の変動をもたらす要因が増えるうえに、入力マイクロ波や高圧パルスのタイミングの変化及びジッターが出力に与える影響が大きく、従来以上に安定度の確保を考慮しなければならない。この新しいマイクロ波源の安定した運転のためには、様々な要因で発生するパルス波形の乱れや位相の変動といった現象を迅速に検出し適切な対応が必要であり、SLED出力波形など各種モニタ信号の常時監視及び高速データ解析の実現が求められる。また、SLEDや加速管の自動コンディショニングなど運転省力化の要求、さらに将来的にはビームエネルギーのフィードバック制御の提案もある。これらの点を踏まえ、KEKB用の新しいマイクロ波モニタシステムの開発に着手した。

2. 既存のマイクロ波モニタシステム

現在リニアックでは基本的に加速ユニットを8台毎に6つに区切った"セクター"単位で各種装置を管理している。セクター毎に設けられた副制御室を中心に制御システムが構築されている。この複数の制御システムの総合的な管理を中央制御室にて行っている。

現在、次の3種類の自動監視システムが運用さ

れている。このデータはリニアック制御系ネットワークを介してオペレータに提供される。

1) 大電力クライストロン出力波形の監視

この信号は検波された後、所属するセクター副制御室の多入力同軸切換器を経由し中央制御室へ伝送される。後にデジタルオシロスコープとシステム制御用のパーソナルコンピュータによって測定を行う[2]。

2) 加速管出力波形の監視

加速管出力モニタ信号は後述する位相監視の必要性から、位相安定化ケーブルを介して副制御室へ伝送される。この検波波形は1)と同様に中央制御室のデジタルオシロとパソコンにより監視される。

3) 加速管出力の位相の監視

上記2)の信号は、各副制御室に設置された、位相調整ユニット、パソコン、同軸切換器からなる自動位相調整システムによる位相監視にも用いられている。

3. 新システム開発の方針

既存のモニタシステムは定期的な監視を行い長期間での変動を検出するように開発された。そのため以下の理由からKEKB用システムとしては使用できない。1) 1つのシステムで波形はマイクロ波源全台数分(50台弱)、位相については8台分の信号を順次切り換えながら測定するため、全てを同時に監視することが不可能。2) システム制御用パソコンの処理能力やデジタルオシロとのインターフェース(GP-IB)のデータ転送速度で制限され、データ収集と処理の高速化が望めず、マイクロ波立体回路での放電など突発的な現象の解析が難しい。3) 機械式同軸スイッチやステッピングモーターで駆動する移送器の寿命の問題か

ら測定の種類を上げられない。このうち1)はシステムの構成に起因する問題、2)と3)はハードウェアの能力や特性による問題といえる。

KEKB用マイクロ波モニタシステムは、上記の問題点を解決し、さらに自動コンディショニングや位相調整の機能も備える方向で検討し、図1のような構成を採ることにした[3]。コントローラ、各種計測器、半導体式同軸切換器からなるモニタシステムをマイクロ波源1ないし2台毎に1セット、合計30セット設置してパルス波形やピーク電力、位相など常時監視を実現する。またデータ収集と処理の高速化の観点から、コントローラにはVXIバス組み込み型のコンピュータの導入を検討している。VXIバスはVMEバスを拡張しIEEEで規格化された、計測/制御システム専用のバスであり、計測器モジュールがバスに直結されるため高速データ転送が可能である。転送速度は隣り合うモジュール間にて最大1Gバイト/秒とされている。

図1のピークパワーメータ、フェーズディテクタ、VSWRメータ、ハイパワーアッテネータ、FETスイッチはKEKB用に新たに開発されたデバイスであり、これらの装置からの出力信号の取り込み及び制御のための波形デジタイザ、A/Dコンバータ、デジタルI/OもVXIバス組み込み型を予定している。ハイパワーアッテネータは自動コンディショニング用に追加し、GP-IB経由での遠隔操作とフロント

パネルからの手動操作が可能な独立したアナログレベルUP/DOWNモジュールにて制御する。これは従来のパルス電源制御系の方針に従い、リモート/ローカルで同じ操作を可能とするためである。

新しいモニタシステムに要求されるもう1つの重要な点として、数台のUNIXワークステーションとVMEコンピュータとで構成されているリニアック制御系のネットワーク(Ethernet, TCP/IP)への接続がある[4]。理由として、

- 1) 合計30セット余り設置されるモニタシステムの総合的な制御とデータの管理の必要性。
- 2) 既存のパルス電源制御系を当面使用するため、コンディショニングや位相調整の過程で必要なパルス電源の制御(大電力クライストロン入力段の移相器制御、高圧部充電電圧の設定、高圧と入力マイクロ波ON/OFF操作、マイクロ波タイミングの切り換えなど)及び、情報収集(セーフティインターロック信号の変化、真空履歴データの読み込みなど)を上記ネットワーク経由で行う点が挙げられる。従ってVXIコンピュータはEthernetインターフェースを装備し、TCP/IP等の通信プロトコルがサポートされなければならない。

4. VXIコントローラの選定

平成8年度後期の加速器運転立ち上げ時から自動

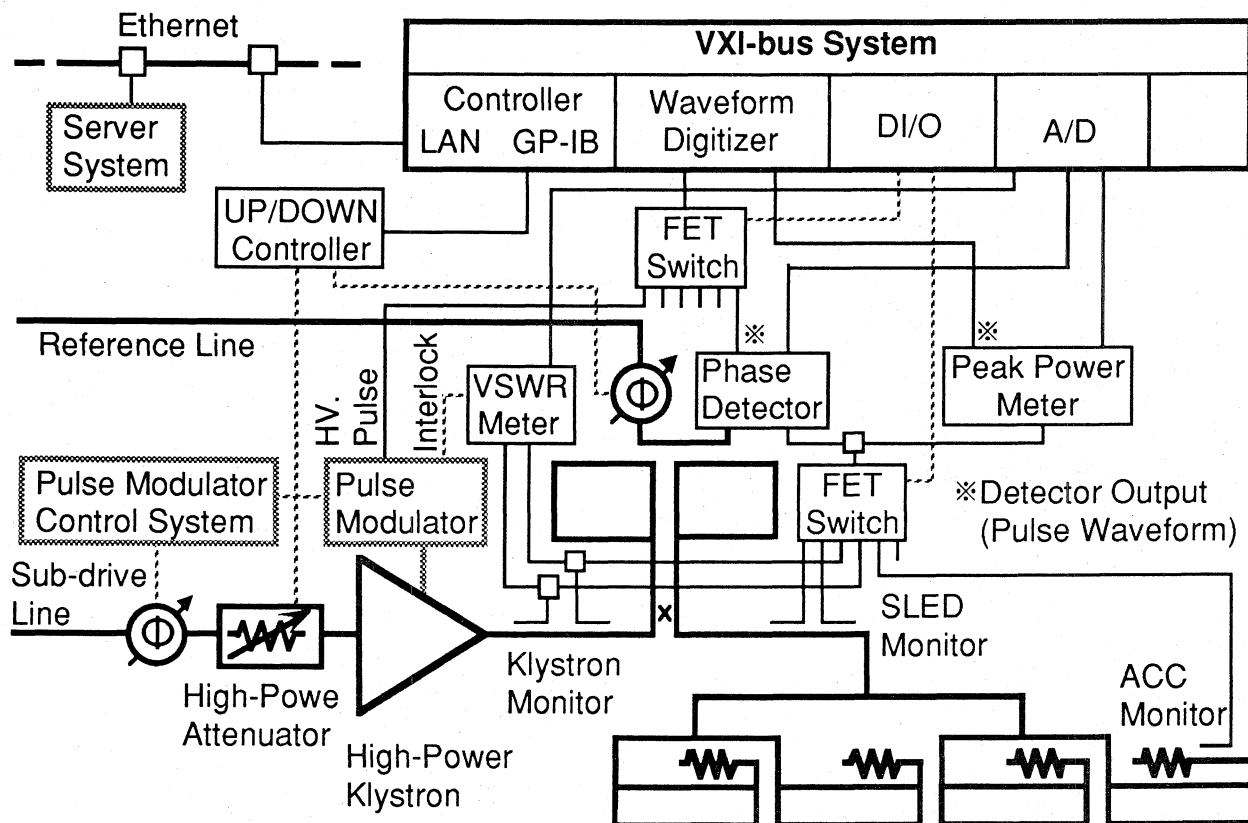


図1. KEKB用マイクロ波モニタシステムの構成

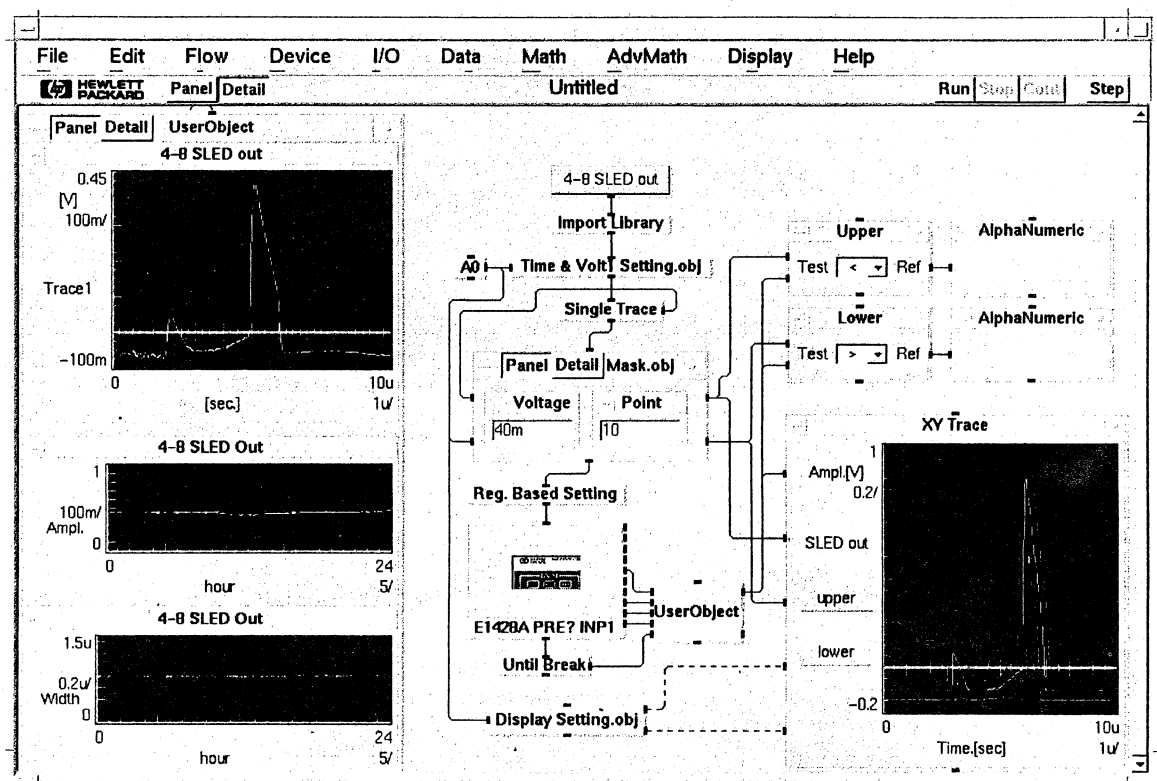


図2 (左), 図3 (右) VEEによる波形監視の例

コンディショニングの要望があることから、まず1セクター分4台の導入に向けシステム構成の検討とハードウェアの選定、ソフトウェアの開発、波形監視のデモンストレーションを行ってきた。これまでにUNIXマシンとIBM PCの2種類のVXIコンピュータを使用してきたが、現時点ではUNIXマシンが有力である。CPUの性能の高さ、リニアック制御用ネットワークへの接続の容易性、ディスクレス構成による保守の簡略化などが評価される。ディスクレスの場合には30セットのVXIシステムを2~3台のサーバで管理するのが妥当と思われる。なおVXIバスシステムにはモジュールのサイズと一部バスの仕様が異なる、CサイズとDサイズの2種類があるが、本モニターシステムでは、必要なモジュールが全て揃うCサイズを選んだ。

5. ソフトウェア開発環境

ヒューレットパッカード社より供給されている計測制御プログラム開発ツールHP VEE (Visual Engineering Environment) を使用して、ソフトウェアの開発を行っている。これはLabVIEWなどと同様に、プログラミング言語を用いずに視覚的にシーケンスを組むことが可能で、開発の能率化が図られる。またUNIXのソケット通信などもサポートされており、サーバーでもVEEを立ち上げておけば相互間の通信も容易である。図2はテスト用のシステムで、実際に取り込んだSLED出力パルス波形(500ポイント)及び24時間に渡り測定したピーク

電圧とパルス幅のチャートである。図3ではパルス波形の異常を検出するために、設定した上限と下限から外れていないか判断するシーケンスを試験した。数値演算の機能も豊富でこれらは比較的容易に組むことができた。

6. 実際の導入に向けて

先に述べたとおり平成8年度に導入予定の4セットのシステムについて、具体的な仕様策定の詰め段階に入っている。前述図2の試験はシステム設置予定場所であるパルス電源脇で行なった。このノイズレベルの高い環境でVXIコントローラは安定に動作したが、予想通りピークパワーメータ等アナログ計測器へのノイズの影響が非常に大きいことが判明した。対策として、検波器入力回路の改良による共通モードノイズの除去、信号ラインについては二重同軸ケーブルによるシールド強化などを予定している。電源やグラウンドの取り方も今後検討していく必要がある。

参考文献

- [1]花木博文、他：Proceedings of the 18th Linear Accelerator Meeting in Japan ,P219-221
- [2]片桐広明、他：Proceedings of the 13th Linear Accelerator Meeting in Japan ,P186-188
- [3]”放射光入射器増強計画 (KEKB design report)”
- [4]上窪田紀彦、他：Proceedings of the 18th Linear Accelerator Meeting in Japan ,P351-355