

MONITORING SYSTEM FOR KLYSTRON RF OUTPUTS

K. Furukawa and H. Hanaki

National Laboratory for High Energy Physics

The monitoring system for klystron RF outputs was prepared for KEK 2.5GeV linac. Transient digitizers, multiplexers, noise reduction elements and distributed processing were employed in the system.

クライストロン出力の監視

1. 序

加速器の性能が高くても安定に動作していなければ、ビームの利用者から見ればよい加速器とはいえない。線形加速器の場合、安定性は電子銃・ビーム輸送系磁場・加速電場などによる。このうち加速電場についてはその発生機構が複雑なため、クライストロンモジュレータ・制御系の故障や寿命によって、安定性が失われることが多い。故障の早期発見や寿命の予測のためには、その出力の監視が必要である。

KEKの電子・陽電子線形加速器においてはこれまでは制御卓においてオペレータがひとつひとつ同軸スイッチを切り換え、オシロスコープで観察することによってその出力の監視を行っていた。しかし、クライストロンの数が48台もあるため、十分な監視が行われていたとはいえ、特に長期変動や細かな変動は見過ごされることが多かった。クライストロンの寿命が近づくと細かな変動も多くなるので、今回クライストロン出力の監視系を作ることになった。

2. 構成

KEKの2.5GeV電子・陽電子線形加速器の制御系はコンソールステーション・7つのサブステーション・多数のデバイスコントローラ及びそれらを結ぶネットワークから構成されているが、今回は3つのサブステーション上でそれぞれ16台のクライストロンの監視を行い、ネットワークを通してコンソールにメッセージを表示させることとした。

クライストロン出力波形の取り込みは、加速管の出口に取り付けられた方向性結合器から検波器を通して行った。この出力は自動フェージングユニットやコンソール上でのオペレータによる波形監視系と共有するので、互いに反射などの影響を与えないようにフェージングユニットとはアイソレータで、コンソールへの伝送線とは検波器を通した後でバッファアンプによって分離を行っている。

波形のデジタイズはトランジェントデジタイザ (Tektronix 390AD) によって行い、GPIBインターフェースを通してサブコントロールステーション (MELCOM 70/30) から制御、データ収集を行った。サンプリング周波数と入力点数は解像度とデータ量の兼ね合いから10MHzと256点 (25マイクロ秒) を選んでいる。

16のRF源の入力の多重化は切り換え頻度が高いのでリレーを用いた同軸スイッチの使用は避け、ダイオードスイッチを用いたマルチプレクサによって行った。切り換えはCAMACのアウトプットレジスタを用いて行い、マルチプレクサが遠方にある場合はネットワーク経由で切

り換えている。しかしマルチプレクサの回路内に高インピーダンス部分が存在するため、パルス運転をしているクライストロンモジュレータからのノイズの影響が大きくなってしまった。このノイズに対するSN比を改善するために上に述べたバッファアンプの増幅度を20dBとし、また入力伝送線からの同相ノイズを減少させるために同軸チョークを入力線に挿入した。その結果通常のモジュレータに対しては問題が無くなったが、初期に製造されたモジュレータに対しては高周波ノイズが大きく、5MHzのRCローパスフィルターを挿入してある。

データ収集のトリガについては、ビームローディングを分離するために、ビームがあるときとないときを選択してクライストロンのタイミング出力を出すことができる回路を用いた。

3. 監視方法

当初RF出力の変動の監視は、トランジェントデジタイザの生データについて参照値に対する標準偏差をとるなどの方法を検討したが、ノイズの影響を受けやすくこの値が大きくなっても実際に何が変動したのかという情報の抽出が困難であることがわかった。そこでオペレータにわかりやすい代表値を抽出して参照値との比較を行うことにした。現在代表値としてはRF出力のパルス波形の位置・高さ・幅・面積を使っている。

この代表値の導出は次のようにして行う。まず生データが最大となるところの周りを調べ、ベースラインと暫定の幅を調べる。このベースラインからのずれを暫定幅の2倍に互って積分して面積とし、同じ領域の重心から位置を求める。さらに重心の周りの暫定幅の半分の部分の平均を高さとし、半値幅を最終的な幅とする。ベースラインが見付からなかったり暫定幅や高さが極端に小さい場合にはパルスが消えたものとしている。もしパルスがきれいな台形であり測定点が多いのであれば、生データの高さのヒストグラムをとってベースラインや高さを決定する方法がよいと思われるが、計算時間とノイズの問題から今回は確実な方法を選んだ。現在のところこの方法でパルスを誤って捕らえることは起こっていないようである。

変動の監視はこの4つの代表値を通して行って、生データはこの代表値を抽出した後は利用しない。代表値がその参照値に比べてある一定割合以上変動しないかどうかを常に監視することになる。その割合は設定可能で、また参照値もある時刻の固定値と直前の代表値のいずれかを選ぶことができる。参照値のファイルへの保存・読み出しも可能である。

変動が起こった時にはその情報はコンソールステーションにネットワークを通して送られて処理される。またこれ以外にも一定時間ごとに代表値はコンソールステーションに送られている。現在データ収集は他の処理との兼ね合いで3秒から4秒に1回で、総てのクライストロンを見るためには1分近くかかるようになっている。

4. 処理

コンソールステーションで受け取った監視情報はコンソールディスプレイ上に表示されオペレータに知らされる。またプリンタに変動情報と現在の代表値を出力することができる。現在はコンソールステーションの能力の問題でこれ以上の処理は行っていないが、一応の情報はオペレータに与えられていると思っている。

コンソールステーションの拡張が行われた後には、個々のクライストロンについての履歴や変動の標準偏差の表示をグラフィックディスプレイに表示しクライストロンの寿命の予測や故障の早期発見に役立つものと期待している。