

Automatic Aging System for Pulsed Klystron

Hitoshi Hayano and Linear Collider Study Group
National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

The automatic cavity conditioning system which is used for the combination system of two SLAC 5045 klystrons are described. The system are controlled by DEC VAXstation 3500 computer through CAMAC interfaces. A conditioning is performed by the FORTRAN coded program in a independent process, and is controlled by an another conditioning control program using task-to-task communications.

1. はじめに

リニアコライダースタディーグループでは現在SLAC5045型クライストロン2本を使用して出力RFを合成し加速管の高電界試験を進めている。加速管にRFを供給する際、加速管内の真空度はRFに応じて悪くなるので真空度の回復を待ってからRFパワーを徐々に上げていくいわゆるエージングが必要になる。この操作を計算機から自動的に行うシステム(ソフト、ハード)について報告する。ソフトは現在トリストロンRFで使用しているものをパルスクライストロン用に改造したものを使用した。ハードはRFパワーをmsec程度で可変できるようにプースタードライブ段にPINモデューターを追加した。このシステムによりエージングの際の人手を省くことができ実験者は各種測定に専念できている。

2. ハードウェア構成

2.1 RF系のハードウェア構成(図1)

RF系は現在のところ476MHzのシグナルジェネレーターをマスターオシレーターにし、その信号から6倍のマルチプライヤーにより2856MHzの信号を作っている。このエージングシステムのためにPINダイオードによる振幅変調器をマルチプライヤーのあとに追加し、これに加える電圧を変えることによりプースタークライストロンのRF出力を変え、最終的には5045型クライストロンのドライブパワーを変える事ができるようにした。プースタークライストロンの後のI₀Aは手動で操作され、出力RFの合成がうまくいくようにそのなかの減衰器、位相器をセットしている。これらにより、振幅変調器の電圧を上げ下げすることで合成RF出力を速い応答速度で可変できるようになった。また振幅変調器は3-5Vで20dB以上の可変範囲を持ちその他の電圧ではそれほど変化しないという特性を持つので、制御しやすいように0-10Vで変調がかかるようにサムアンプを用いてオフセット電圧とアンプゲインで調整してある。(図2)

2.2 計算機系のハードウェア構成(図1)

制御計算機はDEC VAX station 3500を使用しており、これにキネティック社製エンハンスドシリアルドライバを介してCAMACクレートと接続されている。特にこの自動エージングシステムに使用されているCAMACモジュールに限ると、

Pulse Train Generator :ドライブパワー調整用電圧発生器の電圧上下
D/A Converter :クライストロンカソード電圧の基準設定
Isolated Output Register:クライストロン変調器の各種スイッチのオンオフ
Isolated Input Gate :クライストロン変調器の各種スイッチの状態読み取り
Scanning A/D Converter:ドライブパワー調整用電圧発生器の電圧読み取り、出力RFパワーの読み取り、導波管、加速管の真空度の読み取り

などがある。出力RFパワーの読み取りは、パルス状RFをピークパワーメーターによりDC出力に変換しているため、他のDC電圧と同様にScanning A/D Converterで簡単に1アクションで読み取る事ができる。制御対象機器にはリモート/ローカルスイッチがあり、これをローカル側にする CAMACからの信号では機器は動かないようになっている。

計算機はイーサネットにより、所内ネットに接続されているのでこの計算機にアカウントを持つ人なら居室のパソコンからでもログインでき、エージングの様子を監視、あるいは制御できる。

3. ソフトウェア構成

エージングプログラムはフォートランで書かれており、大別して2つの部分に分かれる。一つはエージングを実際に遂行するエージングプログラムで、もう一つはエージングプログラムに各種のパラメータ

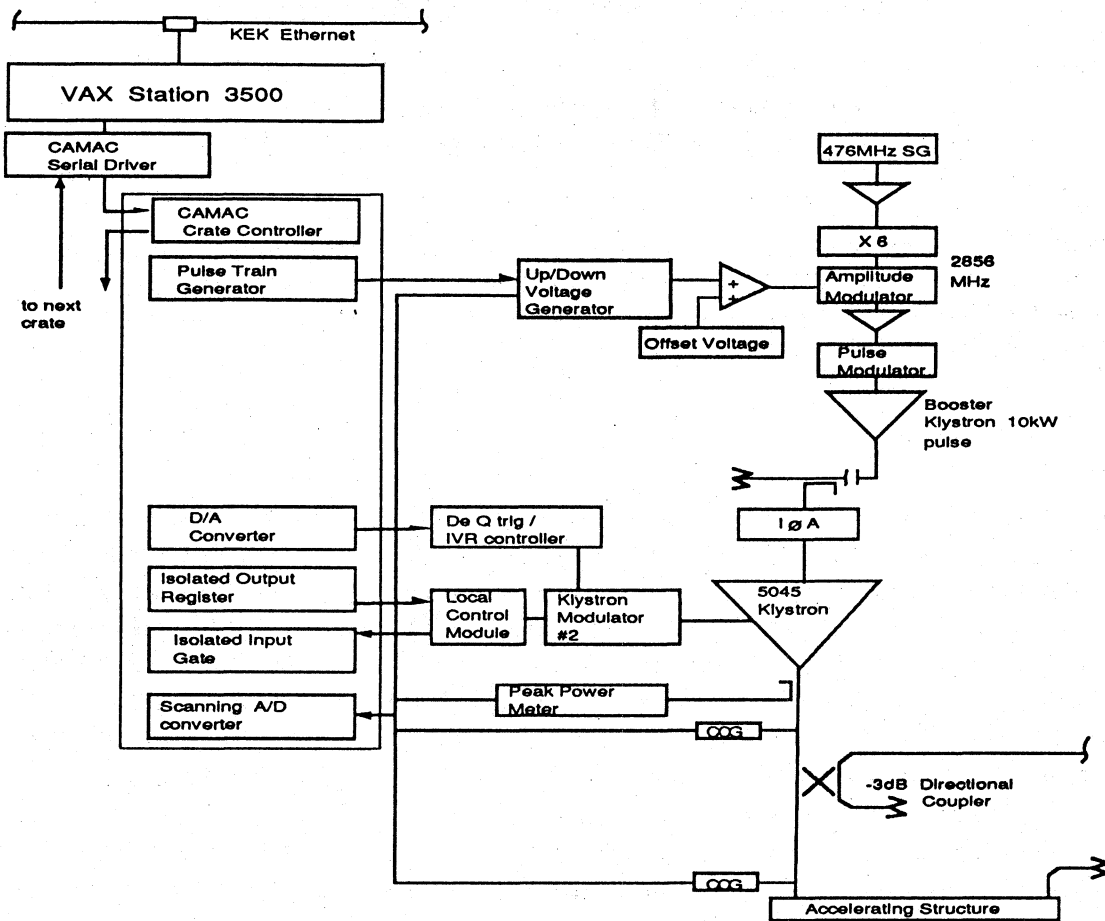


図1 エージングシステム ハードウェアの構成

ーを渡したり、エージング遂行を制御したり、クライストロン変調器を制御したりするエージングコントロールプログラムである。これらは独立したプロセスで実行され、それらの間の通信はシェアブルコモンを通して行われる。このように分けることにより、エージング遂行パラメーターをエージングを妨害することなくリアルタイムに調整でき、またエージングコントロールプログラムを同時に数カ所でCRT上に開くことあるいは閉じるができる。エージングプログラムから制御を取り戻したり、委ねたりするのは通常リモート/ローカルスイッチをどちらにするかで行うことができる。もちろんエージングコントロールプログラムからもできる。エージングプログラムは常に現在の機器の状態を読み取って状況にふさわしいコントロールをしているのでリモート/ローカルスイッチがリモートになった瞬間から正常に働き出す。

4. エージングソフトウェア論理

エージングプログラムのフローは以下の通りである。まずプログラムはコールドカソードゲージによる真空度、ピークパワーメーターによるクライスト

ロン出力パワー、クライストロン変調器内のローカルコントロールモジュールによる各種スイッチのオン/オフ/レディーを読み取り、クライストロン変調器が正常にオン状態であるなら、真空度の値によってTable1に示すクライテリアでRFパワーのコントロールをする。クライストロン変調器がインターロックによりオフとなった場合、真空度悪化による場合は真空度の回復をまってからスイッチオンするが、インターロックが働き続けている場合は一定時間待っても復帰しない場合プログラムは制御をやめる。スイッチオフからの復帰の場合ドライブRFパワーは少し下げたから行い、それは振幅変調器の制御電圧を97%に下げることで行う。

エージングはコントロールプログラムから設定された目標パワーに到達するまでRFパワーを上げる方向に働くが、目標パワーに到達してからは真空度の悪化がない限りそれを維持する。もちろん目標パワーが現在のパワーより小さい場合にはRFパワーを下げる方向に働く。エージングスピードは設定できるようにつくってあるが、現在までのところその必要性がなかったため使用していない。通常、実験者は目標パワーを設定するだけでエージングの進行を制御

している。エージングのパフォーマンスを制御しているのはTable1に示したクライテリアであり、すなわちどんな真空値でRFパワーを上げ始めるかなどを変えることによりエージングを果敢に進めるか慎重に進めるかをコントロールできる。

RFパワー制御のステップはクライストロンのカソード電圧によるが、制御可能な最小パワーステップは約40kWであり、エージングプログラムでは現在その4倍の160kWを使用している。このパワーステップも可変であり真空レベルクライテリアと同様にエージングのパフォーマンスを決めるパラメーターである。

5. 使用状況と問題点

このエージングプログラムはもともとこれを可能とするような整備されたハードウェアをもつTRISTAN RFのCWクライストロンシステム用のものであったのでパルスクライストロンに応用した場合いろいろハードウェアが対応していない面があって問題点がでてきている。しかしながら割合にシステムはうまく働いていて実験者にとってなくてはならない道具となっている。このシステムによるエージングの様子をペンレコーダーに記録したのでそれを図3に示す。これを見ると真空度のヒゲ状の悪化でそれに呼応して振幅変調器制御電圧すなわち出力RFパワーを下げていて、真空度が回復するとRFパワーを上げていく様子が見て取れる。さらに出力RFパワーのエンベロープが徐々に上がっていくのも見られる。

現在の問題点、及び今後改良すべき点を以下に示す。

(1) クライストロン変調器のインターロックがホールドされないので働いたインターロックを知る手続が複雑となるのでプログラムでは省いてある。これはただちにホールドするように改造すべきでプログラムでも働いたインターロックを知るようにインターロックによる対処の仕方を組み込むべきである。

(2) RF系にダイオード式RFスイッチを設け、RF関係のインターロックでこれを切るように改造すべ

Vacuum reading (torr)	RF powercontrol
$P < 2.4 \times 10^{-8}$	increase with large step
$2.4 \times 10^{-8} < P < 4.3 \times 10^{-8}$	increase with small step
$4.3 \times 10^{-8} < P < 7.6 \times 10^{-8}$	power is kept constant
$7.6 \times 10^{-8} < P < 1.2 \times 10^{-7}$	decrease with small step
$1.2 \times 10^{-7} < P$	decrease with large step
$5.0 \times 10^{-7} < P$	trigger switch off by hard wired interlock

Table 1 Criterion of RF power control in conditioning

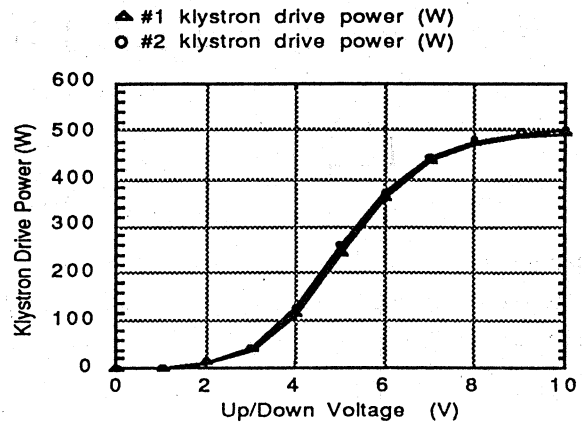


図2 ドライブパワーコントロール特性

きである。現在は変調器のトリガースイッチを切っているが、頻繁なスイッチオフによる変調器電源への影響が心配である。(変調器のRFスイッチはモーターによるアッテネーターのコントロールであり、頻繁なRFオフでは壊れることは必至であるので使用していない。)

(3) 出力RFパワーには数%、数Hzの出力変動がありエージングの最前線での影響が大きい。これはブースタークライストロンをサチュレーション以下で使用したためにでてきた現象であり、これを改修するかもしくはトランジスタードライバーアンプに置き換えるべきである。

以上のような重要な問題点を抱えているものの、このシステムはなくてはならないものとなりつつあるので上記の対策を至急とるつもりである。

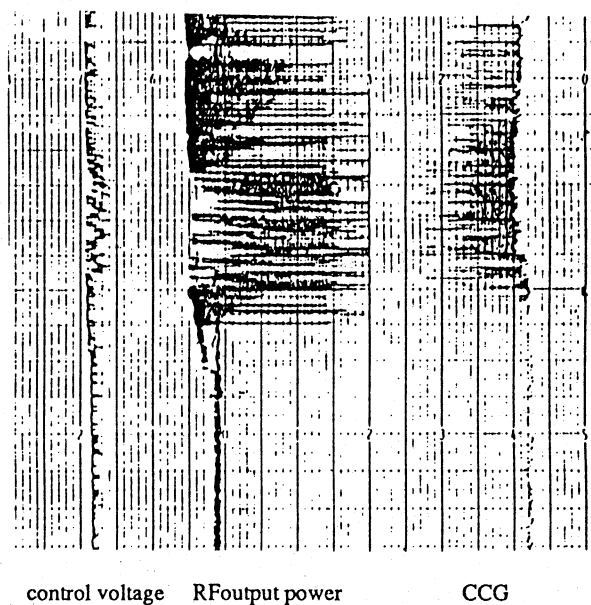


図3 エージング時のペンレコーダー記録(2cm/h)