

[P 30-11]

## NEW CONTROL SYSTEM FOR VACUUM EQUIPMENT USING PLC

Shirakawa A., Kakihara K., Abe I., and Nakahara K.

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

### ABSTRACT

A new control system for the PF Linac vacuum equipment was designed and has been put to practical use. The new system comprises PLCs (Programmable Logic Controllers) and touch-panels as operating boards.

We have selected three kinds of PLCs to examine whether they are suitable for the controller, and they showed good performance. Two controllers have been put in practical use, and are working without trouble so far. All the Linac vacuum controllers (up to 20 sets) will be constructed with the new system as well, keeping pace with Linac-upgrading for the KEKB project.

### シーケンサによる真空機器制御システム

#### 1. はじめに

PF 電子線形加速器の構成機器の制御用に、工業用プログラマブルコントローラ（以下『シーケンサ』という）の検討を行ってきた<sup>[1]</sup>。従来の、CAMACやVMEに全ての装置の制御を集中させる方式では、プログラム開発時や運転時に於ける装置間の独立性が弱い。よって、装置毎にコントローラを個別化する方式を考え、シーケンサを選定した。シーケンサには、省スペース、低コスト、取扱の簡易さといったメリットもある。

シーケンサを使用する分野として、真空機器制御、並びにビーム輸送系電磁石電源制御を想定し、シーケンサの性能面に於ける評価を行ってきた。これまでに評価を一通り終え<sup>[2]</sup>、1996年春より実用段階に入っている。本報告では、本格的運用に入りつつある真空機器コントローラ<sup>(注)</sup>の全容について、シーケンサの評価結果と併せて述べる。

#### 2. シーケンサの評価結果及び機種選定

我々の要求仕様に適合すると思われる機種を、複数のメーカーの製品から3つ選択し、評価対象とした。ここではそれらを仮にA、B、Cと呼ぶ。

周囲温度の変化に対する、アナログ入出力モジュールの出力安定性は、いずれも真空機器や電磁石

(注) シーケンサを組み込んだ真空機器制御システムのことを、『真空機器コントローラ』あるいは単に『コントローラ』と呼ぶことにする。

表1 温度変化に対するアナログ入出力モジュールの出力値安定度 (周囲温度 20°C→40°Cで測定)

	7桁*出力 (DAC)	7桁*入力 (ADC)
機種A	10 PPM/°C	±1/4095/20°C以内
機種B	10 PPM/°C	±1/4000/20°C以内
機種C	-29 PPM/°C	-21 PPM/°C

表2 イーサネット経由で4バイトのデータを読み出した時の所要時間。同じ通信を連続100回繰り返して平均をとった

	100回の合計	1回当たり平均
機種A	3.0 s	30 ms
機種B	2.4 s	24 ms
機種C	1.7 s	17 ms

電源コントローラとして使用に支障ない性能である(表1)。アナログ出力モジュールは、電磁石電源制御への使用を考慮し、評価の対象に含めた。

通信速度の点では、機種Cが若干速い(表2)が、いずれも、イオンポンプ電源やビーム集束電磁石の制御に使用可能な速度ではある。

大電力マイクロ波源からの電磁ノイズによる影響の点で、特にアナログ入力モジュール(ADC)への影響が懸念されたため、データ読出のタイミングを加速器ビームトリガーに同期させて変化させてみた(図1参照、機種Cのみ実施)。注意すべきは、AD変換の同期がとれない仕様なので、デ

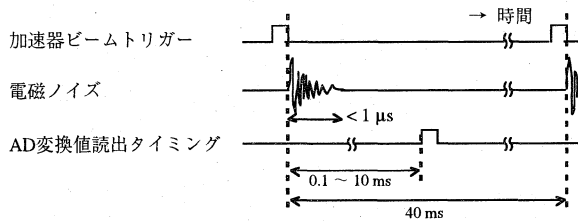


図1 AD変換データ読出のタイミングチャート

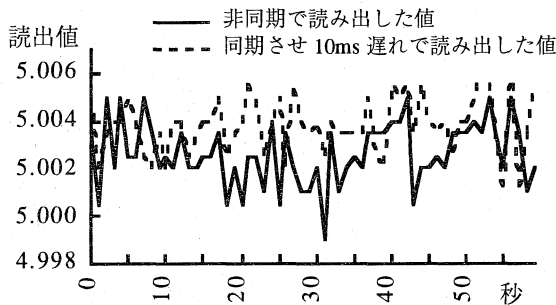


図2 ビーム同期/非同期の違いによるADC読出値比較

表3 ADCデータ読み出しのタイミングを変えた時の読出値の平均値と標準偏差。統計標本数 60

読出タイミング	読出値の平均	標準偏差
random	5.0026	$1.341 \times 10^{-3}$
0.1ms delayed	5.0034	$1.329 \times 10^{-3}$
1 ms delayed	5.0032	$1.289 \times 10^{-3}$
10ms delayed	5.0038	$1.237 \times 10^{-3}$

表4 シーケンサ機種間比較。最低限必要なモジュールを揃える事を想定した。占有容積と価格は、機種Cを1とした比率で表している

	占有容積	価格	設定手数	初ワーク保守
機種A	1.9	1.4	やや多	不可
機種B	3.6	1.5	多	不可
機種C	1	1	少	可

ータ読出の同期をとってみたいという点である。AD変換周期は約8msなので、ビームより10ms程度遅らせてデータを読み出せば、ノイズの影響を受けた値を避けられる筈である。試験結果を図2、表3に示す。ADCへは標準直流電圧発生器より+5.00000V(表示値)を印加した。ビームに同期してタイミングを遅らせた方が、多少安定した値を返している。マイクロ波管の放電時の様な高ノイズへの対策として、同期をとる必要性が高まるかもしれない。尚、CPUや接点信号入出力の動作に関しては、ノイズの有無に関わらず、これまでのところ誤動作を起こしていない。

以上の様な結果により、シーケンサを使用できる目処が立ち、次いで機種選定を行った。判断材料として、他に寸法、価格、取扱性等が挙げられ、それらの比較を表4に示す。表4で「設定手数」とは、購入してから動作させるまでの初期設定の手数を言う。また「ネットワーク保守」とは、シーケンサの機能設定や状態監視、CPUプログラムの転送等を、イーサネット経由で行うことを指す。アナログ入出力モジュールの安定性では機種Cがやや劣るが、それ以外での利点が大きく、採用機種はCとした。特に、真空機器コントローラは数十メートル間隔に1台ずつ配置されるので、ネットワーク経由の保守が可能なのは重要である。

### 3. 真空機器コントローラの位置付け

真空系機器はその役割上、加速器の全長に渡っ

て分散配置され、それらの制御電源類(イオンポンプの高圧電源等)は加速ユニット4組分毎に、1箇所の筐体にまとめて収納される。各筐体にはコントローラが1台ずつ付き、加速器全体では約20台となる(KEKB計画による増強分を含む)。各コントローラは、専用のイーサネット回線を通じて、上位コンピュータとの間で通信を行う(図3)。現在稼働中のコントローラは2台のみであるが、1996年秋には新たに5台、更に1996年度末までにもう5台加えて、合計12台となる予定である。

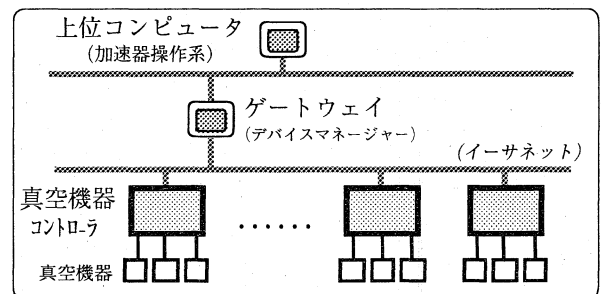


図3 真空機器コントローラの位置付け

### 4. 真空機器コントローラのハードウェア構造

コントローラは、高さ約400mm、奥行約450mmの箱型で、EIA規格19インチラックに取り付ける。シーケンサは、回路基板等と共に内部に収納している(図4)。内部機器の保守の便宜を図るために、前面パネルは蝶番によって開閉可能な構造とした。1台のコントローラが制御対象とする真空機器の一覧を表5に、又、必要となるシーケンサモジュールの一覧を表6に示す。

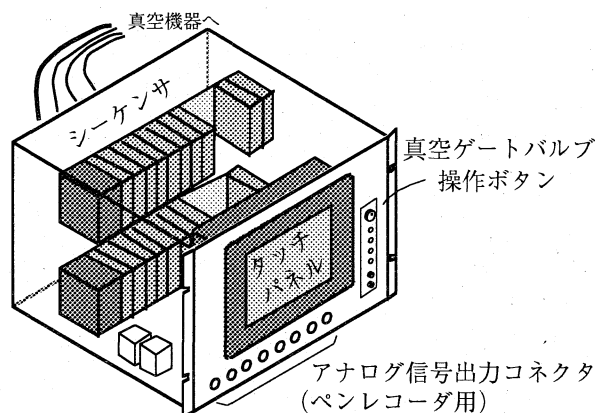


図4 真空機器コントローラのハードウェア概略

表5 コントローラ1台当たりの制御対象機器と、機器側を基準に見た、入出力信号の種類

機器名	台数	信号の種類
イオンポンプ制御装置	12台	Digital In/Out, Analog Out
真空計制御装置	5台	Digital In/Out, Analog Out
真空ゲートバルブ制御装置	5台	Digital In/Out
L型バルブ	8台	Digital Out

表6 コントローラを構成するシーケンサモジュール

モジュール名	必要入出力点数	モジュール員数
接点出力	87点	8個
接点入力	140点	3個
アナログ入力 (ADC)	17点	3個
イーサネット	—	1個
CPU	—	1個

コントローラの機能は、『従来のシングルボードコンピュータによるコントローラ<sup>[3]</sup>と同等以上』を基本としたが、目立った変更として次のような点が挙げられる。

- ・現場操作用スイッチをタッチパネル化した。これにより、視認性に優れ、システム変更に対する柔軟性を強化した操作パネルとなった。
  - ・複数機種が存在するイオンポンプは、どの機種でも任意の接続ポートへ取付け可能にした。
  - ・外部との通信経路を、イーサネット回線とした。
- 又、箱の前面には、ペンレコーダ用のアナログ信号出力端子と、真空ゲートバルブ操作ボタンも設けた。

真空機器から取り込む信号のうち、真空計メータリレーといった、ビームインターロック系統に関わる信号は、別個の機械リレーにて分岐させた上でシーケンサに取り込んでいる。例えば、真空

度の悪化によりゲートバルブを閉じる等の動作は、シーケンサを介さずにハードワイヤーで行なわれる。これは、シーケンサ異常時に、ビームインターロック系に影響しないよう配慮したためである。

## 5. 真空機器コントローラのソフトウェア仕様

コントローラの内部で、ソフトウェアの記述を必要とするのは、シーケンサ (のCPUモジュール) とタッチパネルである。

シーケンサには、1) アナログ入力モジュールの動作設定やデータ取得、2) 外部からの指令による真空ゲートバルブの開閉等のためのプログラムが必要である。「外部」とは、加速器制御系、又はタッチパネルを指す。通信のためのプログラムは必要なく、外部から通信要求があった時に、自動的に返信する。逆に、シーケンサ側からは能動的にデータを送信できないため、加速器制御系とのデータ授受の際は、相手側マシンが全て主導権を持つ。加速器制御系側では、デバイスマネージャーが全ての真空機器コントローラの情報を統括管理し (図3)、加速器操作系の階層との間で適宜、データ授受を行う。

タッチパネルの方には、画面操作/表示のためのプログラムを格納する。シーケンサとの通信はRS-232C回線経由で行うが、こちらも通信用のプログラムはあらかじめ組み込まれている。

## 6. まとめ

加速器の真空系機器コントローラにシーケンサを採用すべく、3機種を候補として適合性を評価してきた。検討の結果、最も仕様の合致する機種を選定し、1996年春より実用段階に入った。現在まで、特に問題なく順調に動作している。

今後、KEKB計画に伴って真空系システムが増強されていくが、これに沿う形で、シーケンサによるコントローラを順次配置していき、最終的にPF線形加速器全真空系の制御を担う予定である。

## 参考文献

- [1] Shirakawa A. et al., Proc. of the Linear Accelerator Meeting in Japan (1995) p.218.
- [2] 白川他, 第15回分子科学研究所技術研究会報告 (1996) p.85.
- [3] Nakahara K., et al., "CONTROL SYSTEM FOR THE PHOTON FACTORY 2.5GeV ELECTRON LINAC", Nuc. Instr. and Meth. in Phys. Research A251 (1986) 327.