

## DEVELOPMENT OF CHECK SYSTEM FOR KLYSTRON MODULATOR CONTROL UNIT

Hiromitsu Nakajima<sup>1</sup>, Hiroyuki Honma, Mitsuo Akemoto, Tetsuo Shidara, Shigeki Fukuda  
High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

The KEK electron/positron linac provides beam for four rings (KEKB HER/LER, PF, PF-AR) and the operation time is about 7,000 hours a year. About 60 klystron modulators are installed and each modulator is controlled by "CONTROL-I" unit. All CONTROL-I units are checked by a specially designed checking system during summer maintenance period in order to avoid troubles caused by malfunctions of these units ; since the necessary time exchanging these units is relatively long. The checking system is very old, therefore, a new checking system is developed utilizing PLC. It enabled check time to be abridged to 1/30. This paper describes the new check system for CONTROL-I.

### クライストロンモジュレータコントロールユニット試験システムの開発

#### 1. はじめに

KEK電子陽電子入射器では、約60台のクライストロン用パルス電源を使用しており、その運転時間は年間約7000時間にも及ぶ<sup>1)</sup>。各電源は、コントロールIユニットによって制御されており、PLCを経由することによって、リモートでの制御も可能となっている。

コントロールIユニットが故障した場合、その交換には、クライストロンヒーターなどのLV系まで落とす必要がある。その復旧には、ウォームアップのための時間がかかるため、運転への影響が非常に大きい。そのため、夏季シャットダウン中の長期メンテナンスにおける、全コントロールIユニットの動作試験は欠かせないものとなっている。

#### 2. コントロールIユニット

コントロールIユニットは、クライストロン用パルス電源を制御するためのユニットであり、インターロック及びON/OFFのコントロールを行うものである。その構成は、インターロック回路を含むインターロックA、BモジュールとON/OFFの制御を行うためのローカルコントロールモジュールの3つのモジュールによって構成されている。各モジュールは、PLCに接続されており、PLCを経由することによって、リモートでインターロックのステータスの表示及びON/OFFの制御が行われる。これらの回路の大部分はリレーによって構成されており、入出力信号の大半は接点によるものである。コントロールIユニットの入出力信号の概略を図1に示す。

インターロックA、Bモジュールは、インターロック信号を接点で受け取り、LV、HV、TRIG、RFのON条件である各OK信号（LV OK、HV OK1、

HV OK2、TRIG OK、RF OK）をローカルコントロールモジュールに出力している。インターロック信号は、各25点、合計50点入力されており、内部のダイオードマトリクスに従って、インターロックA、Bモジュールでシリーズに接続されOK信号が出力される。また、ダイオードマトリクスを変更することにより、各インターロックをどのOK信号の条件にするかの変更も可能である。

ローカルコントロールモジュールは、LV、HV、TRIG、RFのON/OFFを行うものであり、インターロックA、BモジュールからのOK信号が入力されることによって、それぞれのON条件が整う。ON/OFFの出力は、ローカルコントロールモジュールのON/OFFのスイッチによって行われ、リモート/ローカルのスイッチをリモートにすることによって、PLCからのON/OFFも可能となる。

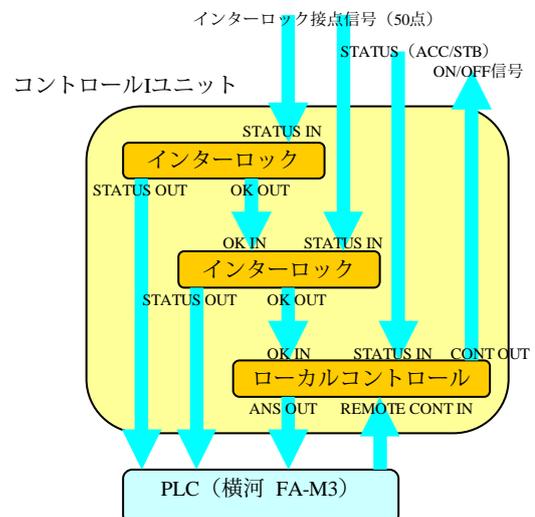


図1：コントロールIユニットの入出力信号

<sup>1</sup> E-mail: hiromitsu.nakajima@kek.jp

### 3. コントロールIチェッカー

#### 3.1 旧コントロールIチェッカー

夏季シャットダウン中に行うコントロールユニットの動作試験では、約60台あるクライストロン用パルス電源全数について行うために、試験するモジュールの総数は約180台になる。これらの動作試験を手作業で行っているのは、膨大な時間がかかってしまうため、動作試験のためのシステム（コントロールIチェッカー）が作られている。

旧コントロールIチェッカーでは、図2のようにPC98とコントロールIチェッカーユニット、及び試験結果を出力するためのプリンタが使用されている。動作試験は、それぞれ単体で行われ、ローカルコントロールの試験には、インターロックA、Bが必要となる。



図2：旧コントロールIチェッカー

このシステムは、非常に古く、今となっては使いにくいことやそれ自体のメンテナンスが難しいことなどから、コントロールIチェッカーを新たなシステムで開発することにした。

#### 3.2 新規コントロールIチェッカー

新規コントロールIチェッカー（図3）では、ラダープログラムやモジュールを変更することでシステムの変更が容易であること、クライストロン用パルス電源のリモートでの制御用に使用しているため開発が容易であることから、横河のPLC FA-M3を使用することにした。



図3：新コントロールIチェッカー

新規コントロールIチェッカーでは、各モジュールの入出力信号全てをPLCに接続できるようにし、3つのモジュールの試験を同時に行うことで、試験時間を短縮できるようにした。各モジュールの動作試験は、PLCで行い、試験の開始、回数設定、及び結果の表示はEthernetを経由して計算機で行う構成とした。計算機との通信制御は、Ethernetモジュール（F3LE01-5T）を使用することによって、TCP/IPまたはUDP/IPプロトコルによって行う。使用したPLCのモジュール及び入出力信号を表1に示す。

表1：PLCのモジュールと入出力信号

F3SP28-3S	CPUモジュール	
F3LE01-5T	Ethernetモジュール	
YD32-1B (×2)	インターロックA	STATUS IN (25点)
	インターロックB	STATUS IN (25点)
XD64-5N (×2)	インターロックA	STATUS OUT (25点) OK OUT (7点)
	インターロックB	STATUS OUT (25点) OK OUT (8点)
	ローカルコントロール	STATUS IN (3点) CONT OUT (5点) ANS OUT (16点)
	インターロックB	OK IN (8点)
YD32-1T	インターロックB	STATUS IN (2点)
YD32-1A	ローカルコントロール	OK IN (7点)
		REMOTE CONT IN (12点)

### 4. 新規コントロールIチェッカーの動作

#### 4.1 インターロックA、Bモジュールの試験

インターロックAモジュールの試験は、PLCからSTATUS INに信号を入力して、STATUS OUT及びOK OUTの信号をモニターすることによって行う。試験は、STATUS OUTがSTATUS INの入力に対応しているか、OK OUTがダイオードマトリクスに従ってON/OFFされるかを確認する。インターロックBモジュールの試験は、OK信号の入力を常にOK状態にしておくことによって、インターロックAモジュールと同じ内容でその動作が確認できる。インターロックA、BモジュールのSTATUS INに入力する信号の流れは、以下の通りである。

- 全てOFF
- 全てON
- 各OK信号に対応するリレーを順にON
- 全てONにした状態から一点ずつOFF

試験結果はデータレジスタに保存され、STATUS OUTにおいて、異常があった場合は、データレジスタをロングワード（32bit）で使用し、下位の25bitを各リレーに対応させ、異常のあったbitを立てる。また、OK信号のON/OFFの確認では、各OK信号について32bitずつ使用して、OK信号が出力されない場合は26bitを立て、各リレーの動作に異常あれば下位の25bitの対応したbitを立てる。

#### 4.2 ローカルコントロールモジュールの試験

ローカルコントロールモジュールの試験は、PLCからOK IN、REMOTE CONT IN、STATUS INに信号を入力して、ANS OUT及びCONT OUTの信号をモニターすることによって行う。入力信号の種類が多いため、試験の内容が複雑になるが、各入力に対応したANS OUTが出力されること、OK IN及びREMOTE CONT INに従ってCONT OUTが出力されることを確認している。

各入力信号の主な流れは、以下の通りである。

- REMOTE CONT、OK OFF
- OK ON
- REMOTE CONT LV、HV、TRIG、RF ON
- REMOTE CONT LV、HV、TRIG、RF OFF
- REMOTE CONT LV、HV、TRIG、RF ON
- OK OFF (OK22を除く)
- OK21 ON
- REMOTE CONT HV ON
- OK22 OFF

ここで、最後にHV OK21とOK22を別々にOFFしているのは、どちらのOK信号がOFFになった場合でもHVがOFFとなることを確認するためである。各状態において異常があった場合は、データレジスタをCONT OUT、ANS OUTで16bitずつ使用し、各信号に対応したbitを立てる。

#### 4.3 計算機側のプログラム

コントロールIの試験では、PLCのデータレジスタの読み書きを行い、試験の開始、試験結果の解析を行う。これらは計算機側から、TCP/IPまたはUDP/IPプロトコルによって行う。今回は、Windowsマシンを使用し、Active Perl<sup>[2]</sup>によってインターロックA、B、ローカルコントロールモジュールの試験を行うために3つのプログラムを作成した。プログラムの流れは、3つとも基本的には同じであり、読み書きするデータレジスタのアドレスや試験結果の解析を行う部分が異なる。

- 試験結果のリセット
- 試験開始のための値の書き込み
- 試験結果の読み込み
- 異常の表示及び保存

複数回の試験を行う場合は、PLCのデータレジスタに試験回数を直接書き込むことで可能となるが、その場合は、何回目の試験で異常が現れたのか分からないため、今回は計算機側でループさせることにした。

### 5. 新規コントロールIチェッカーの試験

新規コントロールIチェッカーの試験として、任意のリレーを故意に動作しない状態にして、動作試験を行った。試験は、インターロックA、B、ロー

カルコントロールモジュールのそれぞれについて行った。特に、ローカルコントロールモジュールは、その動作が複雑であることから、ほぼ全てのリレーについて試験した。試験の結果の一例を、図4に示す。このように試験結果から、動作異常のリレーが特定できる。ただし、現在のプログラムでは、ローカルコントロールモジュールについては、試験結果と回路図を見ないと、どのリレーの動作が悪いのかが分からない。今後、どのリレーが悪いのかが表示できるように改良する予定である。ただし、異常のあるリレーによっては、外部から見ると区別ができないものがあるいくつかあり、それについては、解決策がない。



図4：インターロックAモジュール試験結果の例

昨年までは、夏季メンテナンス中に各5回の動作試験を行っていたが、1ユニットの試験に約18分かかっていた。新規コントロールIチェッカーでは、各50回の動作試験がインターロックA、Bモジュールが約5分、ローカルコントロールモジュールが約4分で行え、さらに、3台同時に試験できるため、試験時間は約1/3で10倍の回数の動作試験が行えることになる。今回は、試験の回数を増やすことによって、その精度をあげようとしているが、今後は、ラダープログラムを追加することによって、リレーが動作するまでの時間を測定し、その結果から異常を判断することで試験の精度をあげることを検討中である。

### 6. まとめ

クライストロン用パルス電源のインターロック、ON/OFF制御ユニットであるコントロールIのチェッカーをPLCを使用して新たに開発した。使いやすく、動作試験時間の大幅な短縮が可能な、また、試験内容の変更も容易なシステムを構築できた。

### 参考文献

- [1] Y. Ogawa, "Present Status of the KEK Electron/Positron Injector Linac", presented in this proceeding.
- [2] Active Perl, <http://www.activestate.com/>