

DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM FOR THE ELECTRON GUN MODULATOR

T.Hasegawa^{1,A)}, S.Nagasawa^{A)}, T.Kobayashi^{B)}, H.Hanaki^{B)}

^{A)}SPring-8 Service Co., Ltd. (SES)

2-23-1 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

^{B)}Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Mikaduki-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

We have been developing a compact and inexpensive electron gun modulator for the SPring-8 Linac. The modulator was redesigned and manufactured to achieve good maintainability and high controllability. A control system of the modulator and a high voltage station is composed mainly of PLCs as a controller and touch panels for human interface. This simplified construction will result in enhancement of its reliability. The rich graphical user interface on the touch panels greatly extends the function of the control system.

電子銃モジュレータ用制御システムの開発

1. はじめに

SPring-8 線型加速器で使用されている電子銃モジュレータは1996年のビーム運転開始以来、2004年までの約8年間、改修を繰り返しながら運転が続いている。この間、モジュレータの累計運転時間は約57000時間に達する。インバータDC電源の故障、高圧ケーブルの破損、ノイズによる不安定動作などの不具合が発生している。インバータDC電源は予備品を購入し故障に備えているがモジュレータ本体の老朽化も進み、構成部品の入手も困難になりつつある。また必要な保守が生じた際、部品配置や結線が複雑であるため復旧に時間を要する。他の13台のクライストロンモジュレータと互換性がなく代替電源もない。我々はこれらの問題を解決するため新規に電子銃モジュレータの開発を開始した。

モジュレータの周辺機器を簡素化するためPLCを主体とした制御システムを構築した。すなわち必要な論理シーケンス処理をPLCで行い、操作およびパラメータ表示をタッチパネル上のGraphical User Interface(GUI)で行った。電源の具体的な仕様や構造の解説については他稿^[1]に譲り、本稿では主にモジュレータの制御システムについて紹介する。

2. 設計思想

新電子銃モジュレータは独立した電源であるが、将来線型加速器への導入を視野に入れ、制御システムは基本的にクライストロンモジュレータと共通とした。設計指針は次のような考え方に基づいている。

- PLCはモジュレータ用と高圧デッキ用の2台使用する。この間の通信は電氣的絶縁を保つ。

- 現行のクライストロンモジュレータと同一PLCを使用することでシステム全般に互換性を持たせる。
- 構成する部品は汎用性が高く長期にわたり入手可能である。
- できるだけ簡素化し、小型である。
- 機器配置、結線等を考慮し保守性に優れ、容易にそれを確認できる。
- 制御システムは柔軟性、拡張性を配慮したものである。
- 遠隔制御はSPring-8制御に準ずる。

3. システム構成

電子銃モジュレータは大きく分けて2つに分けられる。高圧パルスが発生するモジュレータと電子銃を制御する高圧デッキである。図1に電子銃モジュ



図1 電子銃モジュレータの概観

¹ E-mail: hasegawa@spring8.or.jp

レータの外観を示す。モジュールラック筐体と2つの19インチラックで構成される。

図2に制御ラック図を示す。ラックには後に述べる制御ユニットのほか、真空機器、タイミング回路、サンプルホールド回路、パルストランスバイアス電源、オシロスコープ、インバータDC電源などが設置されている。タイミング回路及びサンプルホールド回路はNIM規格である。

高圧デッキは昇圧比が1:30のパルストランスの碍子上に設置されている。高圧デッキ筐体内には制御ユニットとパルス幅の選択回路、同軸切替器、ヒータ電源、バイアス電源、グリッドパルサーなどが設置されている。これらはNIM規格に統一されている。

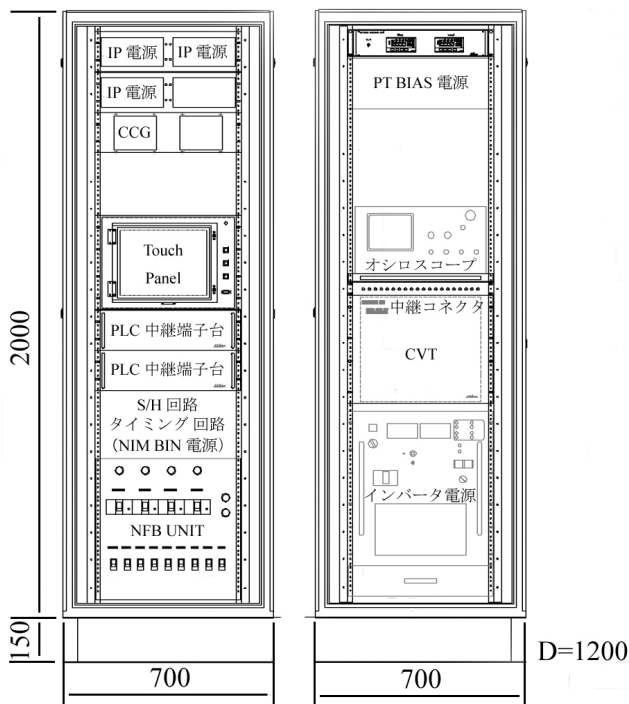


図2 制御ラック

制御部はEIA規格の19インチラックに納まるようユニット化されており、モジュール制御ラックと高圧デッキにそれぞれ設置されている。各ユニットはPLCおよびタッチパネルとDIOのリレー接点を駆動するDC24V電源と信号入出力端子台で構成されている。上部にPLCとタッチパネルを搭載したユニットがあり、下部には引出しが2つ用意されている。これは信号取合い部となっており、中には端子台が入力用と出力用に分けて収納されている。DIO信号の端子台は専用端子台を使用した。

PLCは東芝製のT2N、タッチパネルは発鋳電機製のV710iS、V606iTを使用している。これらは共に線型加速器で長期にわたり使用実績がある。PLC-タッチパネル間の通信はシリアル通信で行う。ユニット内部のPLCは基本ユニットと拡張ユニットで構成され、仕切り板を挟むように取り付けられている。便宜上、表側を入力用、その背面を出力用とした。タッチパネルはユニット表面の開閉式パネルに

取り付けられているため、内部PLCへのアクセスが容易にできる。ユニット裏面にも扉が取り付けられておりアクセスができるように考えられている。

4. PLC

図3に制御系のシステム構成と信号の流れを示す。CPUは2台使用している。基本的なI/Oモジュールとしてデジタル入力(DI)、デジタル出力(DO)、12bitアナログ入力(AI)、12bitアナログ出力(AO)を使用している。それ以外にサイラトロンにおいて不正なタイミングトリガを計数するパルス入力モジュール(PI)を使用した。将来のシステムに対する拡張性、柔軟性を確保するため、モジュールは余裕をもって配置した。

両PLC間の通信は光ケーブルを介してPLC専用規格(TOSLINE-S20LP)を用いて行われる。伝送路は二重ループ化されており、ケーブル断線等の故障時にも逆ルートで通信を継続でき、信頼性が高い。PLCが取り扱う全ての情報は、この通信を利用してリンクレジスタという共有メモリに反映されている。このため、モジュールレータのPLCから高圧デッキを制御することも可能である。

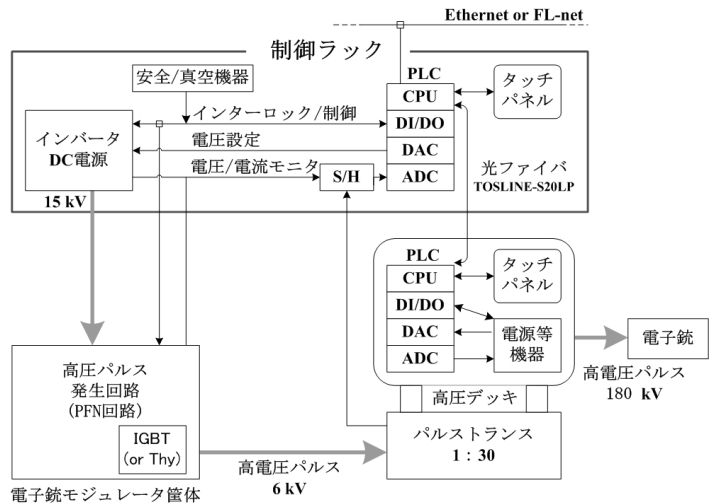


図3 制御系のシステム構成と信号の流れ

通常クライストロンモジュールレータの周辺機器には、パラメータを表示し必要に応じてインターロック信号を発生するデジタルパネルメーターや、ウォームアップ時間を設定するタイマーリレー、操作するための現場盤、インターロック表示盤などがある。本システムでは経済性、信頼性を考慮しこれらの部品を使用しなかった。これらが有していた機能や処理はPLCとタッチパネルで実現した。機器によってはパラメータ表示機能を有しているものもあるが基本的に本システムのみで運用することができる。

デジタルパネルメーターの動作遅延時間が省略された結果、以前より約50ms早くインターロックを検知することが可能となった。またシステムを小型化することに成功した。PLCの制御にはラダープログラムを用いた。スキャンタイムは割り込み処理も含

めて約16msである。これは既存の電子銃モジュレータと同程度である。

早いアナログ信号に上下限を設定する場合、正確なタイミングでデータを取得することが重要である。PLCではある程度の時間幅を持った処理しかできないためサンプルホールド回路を介して取り込みを行った。電源等のコントロールは12bit DACを用いて制御している。真空や電圧/電流モニタは12bit ADCを用いて読み取り、データはGUI上にグラフ化されている。

5. GUI

GUIはコントロール、インターロック、トレンドグラフ、動作履歴を表示するパネルなど全部で130のパネルで構成される。タイトルバーにあるメニュー画面より必要なパネルをコールして使用する。このGUIは現場操作盤として使用されるがSPRING-8の中央制御室で使用されるGUIとそれほど大きな違いが出ないように配慮した。GUIの製作はタッチパネル専用のソフトで行った。

図4にGUIの例を示す。この画面は電子銃モジュレータのメインパネルで、PFN電圧、電子銃ヒータ電圧/電流、電子銃バイアス電圧/電流、パルス電圧の設定値及びモニタ値を表示する。パラメータ設定は小パネルがオーバーラップ表示され、操作を行うことができる。

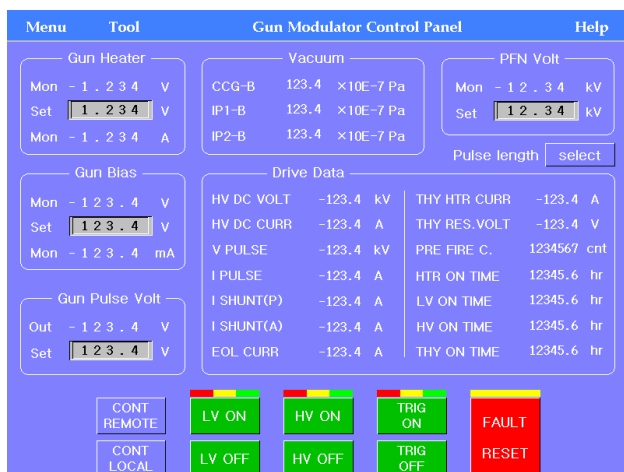


図4 Main Panel

図5にインターロックパネルを示す。動作したインターロック表示のほか、バイパス、履歴などが確認できる。インターロックが複数発生した場合、先着インターロックの判別が可能である。図6に保守パネルの例を示す。信号の名称、接続先、信号種、動作など高圧デッキのPLCも含め、すべての信号状態を確認することができるため保守性も高い。

Menu	Tool	Interlock Display G-MOD		Help
Main Panel	MOD DOOR OPEN	PT FENCE OPEN	V THY HTR(H/L)	
Interlock	MOD GND HOOK	PT GND HOOK	I THY HTR(H)	
	MOD TEMP	PT TEMP	I THY HTR(L)	
Trend Graph	MOD BLOWER	PT WATER	V THY RSV(H/L)	
	MOD PLC RUN	PT BIAS VOLT(L)	I THY RSV(H)	
History	MOD PLC LINK	PT BIAS VOLT(H)	I THY RSV(L)	
	Close	放電リレー	PT BIAS CURR(L)	V THY BIAS(H/L)
CCG-B p1	PFN VOLT(H)	PT BIAS CURR(H)	I THY BIAS(H)	
CCG-B p2	V PULSE		V THY KA(H/L)	
IP1-B p1	I PULSE	HV DC PS V(H)	I THY KA(H)	
IP1-B p2	I SHUNT(Peak)	HV DC PS TEMP	THY RSV PS FAN	
IP2-B p1	I SHUNT(Ave.)	HV DC PS FAN	THY COOLING FAN	
IP2-B p2		HV DC PS FUSE		
HV DC PS NFB	ADC Trigger	HV DC EXT ILK		
Deck/Thy PS NFB	NIM 1 PS +24(L)	HV DC VOLT(H)		
制御電源1 NFB	NIM 1 PS +12(L)	HV DC CURR(H)		
制御電源2 NFB	NIM 1 PS +6(L)	HV OUT INHIBIT		
RESET		First Arrival:	HV DC PS FAN	

図5 Interlock Display for G-MOD

図6 PLC Status for G-MOD

5. 今後の予定

新電子銃モジュレータの立ち上げを本年6月中旬より開始した。現在ローカル試験中である。

インターロックシーケンスを担うPLCへのネットワーク接続は慎重に行わなければならない。通信はEthernet、FL-net、TOSLINE-S20LP、シリアル通信と4つの方法が考えられる。今後、線型加速器グループ及び制御グループと最適な方法を検討し、導入する予定である。

参考文献

- [1] 長澤慎司 他, “SPRING-8 線型加速器新型電子銃電源システムの開発”, These Proceedings