

Control System for KEK X-Band RF Test Facility (Nextef)

S.Ushimoto^{1,A)}, S.Kusano^{A)}, T.Kudou^{A)}, T.Higo^{B)}, K.Yokoyama^{B)}
S.Matsumoto^{B)}, M.Yoshida^{B)}, Y.Nakajima^{B)}, N.Kudou^{B)}

A) Mitsubishi Electric System & Service Co.Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045

B) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

KEK New X-band Test Facility was moved to the accelerator structure assembly hall at KEK LINAC in this spring. We have proceeded to set up a control system by using EPICS tools for conducting a continuous machine operation. In this paper, we describe the present control system and our future plan.

KEK X-band RF試験施設 (Nextef) の制御システム

1. はじめに

KEK における X-band RF 試験施設は2007年、アッセンブリホール (XTF) から電子陽電子入射器 (LINAC) 棟内の加速管組立室へシステムを移設した。これを機に名称を Nextef^[1] (NEW X-band Test Facility) とし、新たな試験施設として運用を開始している。また、加速管組立室に隣接するクライストロン組立ホールでは、昨年5月からX-band PPM型クライストロンの試験を行っている。

Nextefの制御システムは施設の立ち上げを円滑に行う為に、XTFで使用していたCAMAC機器によるシステムから、LINACで実用実績のあるPLC (Programmable Logic Controller) を利用したシステムへの変更を行った。このシステムを用いて、クライストロン組立ホールでは、5月から狭導波管高電界試験^[3]を開始し、制御及びデータ収集を行っている。また、6月からは今後に向けた新たな制御システムの試験運用も開始した。一方、加速管組立室側では、インフラ構築及び機器の整備を進めている。

ここでは、現状における Nextef 制御システムの概要と今後の展望について紹介する。

2. 現在の制御システム

2.1 ネットワークの構成

Nextef 制御システムは、運転用端末として WindowsPC (2台)、フロントエンド部に PLC (1台)、各モニター用にオシロスコープ (約10台) を使用している。これら全ての機器は TCP/IP による通信が可能である。機器にはそれぞれ個別の IP アドレスが割り振られており、Ethernet (LINACネットワーク) で結ばれている。図1にシステムのネットワークの概要を示す。

フロントエンド部のPLC には、パルスモジュ

レータとクライストロン制御用のモジュール及びインターロックが接続されており、操作用のタッチパネルと共にパルスモジュレータ筐体に組み込まれている。このタッチパネルでは基本的なクライストロンの制御、RFプロセッシング、クライストロンのダウン履歴やインターロック・真空値・温度等が確認できる。また、運転用端末から PLC へ Socket を利用してコマンドを送ることにより、遠隔でもタッチパネルと同様の操作が可能となっている。

オシロスコープにはクライストロンの高圧波形や RF入出力波形及び狭導波管高電界試験用の各センサーからの信号が接続されている。これらの波形データは一時間毎に自動的に運転用端末へ保存しており、ネットワーク内において WEB ブラウザで確認できる。

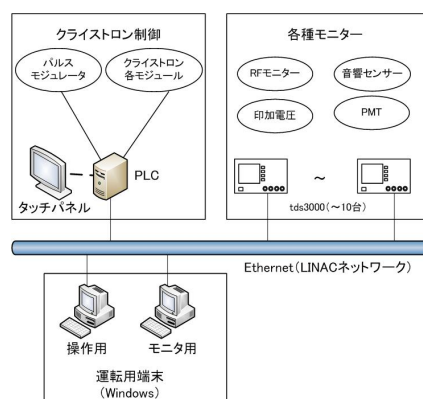


図1 ネットワーク概要

2.2 オペレータインターフェース

Nextef の運転用オペレータインターフェースは Python/Tk を用いて開発した。Python は オブジェクト指向のスクリプト言語で、KEKB・PF-AR 等でもオペレータインターフェース開発用言語として採用されている^[4]。Python には豊富なライブラリが用

¹ E-mail: ushimoto@post.kek.jp

意されており、それらをモジュールと呼ぶ。Tk (Toolkit) はモジュールの一つであり、"Frame" や"Button"といったウィジェットと呼ばれる部品を組み合わせることで GUI の作成ができる。

図2に使用しているオペレータインターフェースを示す。このインターフェースは運転状況に応じて機能を追加するなどの改良を行っている。現在、以下のような機能が組み込まれている。

- (1) クライストロン各種制御
- (2) 真空・温度等のモニター及びデータ蓄積
- (3) ダウン履歴の表示
- (4) インターロックリセット
- (5) 自動 Es Up 機能
- (6) 自動 RF Up 機能

(5),(6) は RFプロセッシングの為の機能であり、真空値を確認しながら、(5)はクライストロンの印加電圧を、(6)はローパワー系のRF出力（クライストロンRF入力）を指定したステップ及び時間間隔で上げる。特に、(6)はRFプロセッシングに使用する為、目標のRF出力に対して、3段階でRF出力と時間間隔が設定できる。また、真空値が悪化した場合、RF出力を下げるなど自動でのエイジングが行える。

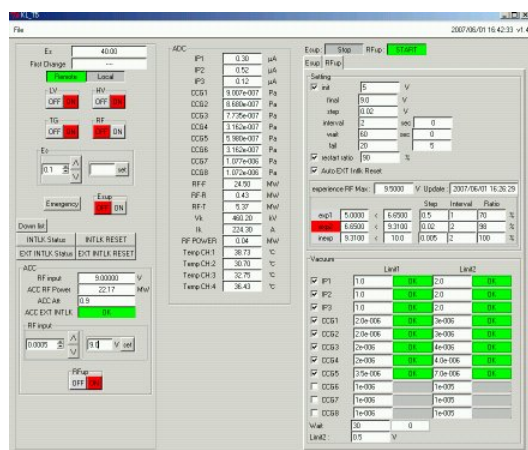


図2 運転用パネル

2.3 放電解析用データ収集

RFシステムの機器制御とは別に、クライストロンや加速管などでモニターしているRF波形などの情報収集を行っている。これらの情報は、クライストロンや加速管開発にフィードバックされる為、重要である^[5]。

誘導波管高電界試験では、RF入出力・反射波形のモニター、及びアコースティックセンサー、X線検出器 (PMT) の検出信号を6台のオシロスコープ (TDS3000シリーズ) でモニターし、放電イベントを確認している。図3にWEBから確認が行えるダウン履歴画面を示す。運転中は端末上のプログラムでオシロスコープからクライストロンのRFパラメータを読み込んでいる。このプログラムはPythonによって書かれており、pywin(マイクロソフトの共通のオブジェクトモデル(COM)を使用する為のモジュール)とtekVISA(Tektronix版のVISAインター

フェース)を組み合わせてオシロスコープの波形からRFパラメータを取得している。また常にPLC上のクライストロンステータスを監視し、クライストロンがダウンした時に、RFパラメータとオシロスコープの画像を運転端末に保存する。これらのデータは図3に示したように、WEB経由で確認が可能である。しかし、現在の蓄積方式ではオシロスコープのデータを数値データとして利用できない、放電前後における各パラメータとのデータ比較が困難である等の問題があり、今後データ収集及び蓄積方法を改善する必要がある。

2007/06/26 15:22:47
Interlocked!!! (x97) at 2007/06/26 15:22:47

STATUS	FRSTINLTK	CHGVOLT	CV2	CT1	IC	FF	PF	PB	NAbnormal
10047	151	4000	0	0	0	0	0	0	0
<273F	<07	424V	0.0A	0.0A	0.0MVA	0			

2007/06/26 15:22:36

STATUS	FRSTINLTK	CHGVOLT	CV2	CT1	IC	FF	PF	PB	NAbnormal
12287	0	4000	1.84	31.3	25.2	0.72	0.063	0	0
<2FF	<00	424V	486.6V	313.0A	252.0A	27.8MVA	0.642MVA	0	

Waveform of TDS10V
Waveform of TDS10V
Waveform of TDS10V
Waveform of TDS10V
Waveform of TDS10V
Waveform of TDS10V

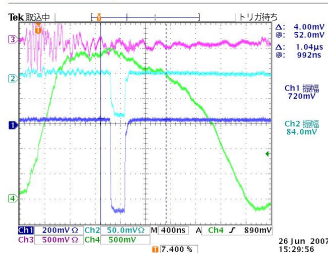


図3 WEBによるクライストロンダウン履歴画面 (上) とダウン時のオシロスコープ上のRF波形 (下)

3. 今後の展望

3.1 EPICSの導入

Nextef では、今秋以降の本格的な運転に向けて、EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)^[6]を用いたデータ収集システムの導入を計画している。EPICS はCA(Channel Access)と呼ばれるTCP/IP ベースのプロトコルを使用したネットワーク分散型の制御システム構築用ソフトウェアである。EPICSには豊富な汎用アプリケーション (EPICS Tools) が用意されており、比較的短期間でシステム構築が行える。すでにEPICSを導入しているLINACでは、EPICS Tool(Channel Archiver)を用いた加速器情報蓄積システム^[7]が稼働しており、安定したデータ蓄積を実現している。

図4は EPICS を導入した新たな Nextef 制御ネットワークである。図4で示すように、EPICS ではクライアント端末は直接I/O機器へアクセスしない。代わりにPython等のアプリケーションからCAインターフェースと呼ばれるライブラリを利用し、IOC (Input Output Controller) 計算機にアクセスする。その為、クライアント端末はOSに依存しない。また IOC と I/O機器間の通信には機器に対応したデバイスサポートと呼ばれる EPICS Tool を使用することで、個々のデバイス用ドライバーを意識せずに

アクセスすることが可能である。データ蓄積の為に Archiver Server は定期的に IOC へアクセスを行い、データの収集を行う。

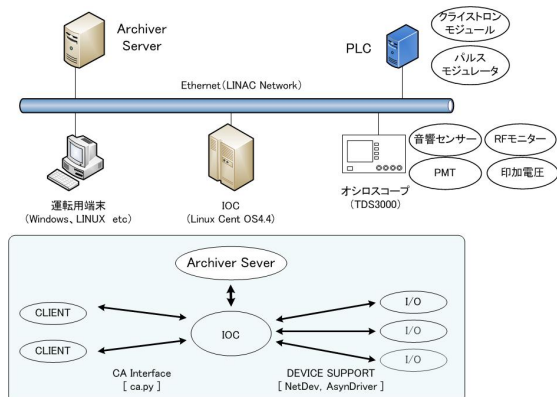


図4 EPICSを用いたNextef制御ネットワーク

3.2 EPICS によるデータ収集

狭導波管高電圧試験と並行してEPICSによるデータ収集試験を行った。表1に試験時のNextef EPICS環境を、図5には試験用にPython/Tkで作成したモニター用オペレーターインターフェースを示す。CAインターフェースには KEKBで開発されているca.py、IOC とPLC 間の通信は NetDev^[8] と呼ばれるデバイスサポートを使用した。1秒毎に PLC から ADC値データを取得し、トレンドグラフ表示を行っている。1ヶ月程度の期間で安定度を確認したところ、運転用端末自身の動作不良による影響はあったものの、パネル動作時にデータが取得できないようなトラブルは見られなかった。

この結果から、EPICS によるシステムが比較的安定した動作を行うものと期待される。

表1 Nextef EPICS 環境

EPICS	Ver.3.14.9
IOC	Linux(Cent OS4.4)
DEVICE SUPPORT	NetDev 3.12.7
	AsynDriver 4-8
	Tds3000 R2-4

3.3 EPICS Channel Archiver によるデータ蓄積

前項のデータ収集と平行してEPICS Channel Archiver の動作試験を行った。KEK LINAC では、2006年からEPICS Channel Archiver によるデータの収集及び蓄積を行っている。前述のように Nextef は、LINAC ネットワーク内にシステムを構築している為、比較的容易に既存の EPICS Channel Archiver によるデータの収集及び蓄積が可能である。LINAC EPICS 環境と比べて Nextef で使用したバージョンは新しいものであったが、トラブルもなく安定に動作した。このような長期間のデータは機器の故障診断やデータ解析への利用が期待される。



図5 EPICSを用いたモニター用インターフェース

4. おわりに

Nextef 制御システムの初期構築では、PLCの遠隔制御、クライストロンやRFコンポーネント、狭導波管のエージング及び各機器のパラメータ情報の収集が可能になった。また、EPICS Channel Archiver によるデータ蓄積も試験段階ではあるが動作を確認した。今後は秋以降に加速管組立室で展開される本格的な運転に備えて、既設のシステムで可能な限り試験を行い、新たな制御システムに柔軟に対応できるよう準備を行う予定である。

参考文献

- [1] S.Matsumoto, et al., “KEK X-band RF試験施設(NEXTEF)について”, Proc, of the 32th Linear Accelerator Meeting in Japan, Wako, 2007
- [2] N.Terunuma, et al., “GLCTA Control System”, Proc, of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004.
- [3] K.Yokoyama, et al., “狭導波管を用いたX-band高電界試験”, Proc, of the 32th Linear Accelerator Meeting in Japan, Wako, 2007
- [4] M.Tanaka, et al., “RAPID APPLICATION DEVELOPMENT BY KEKB ACCELERATOR OPERATORS USING EPICS/PYTHON”, Proc, of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004
- [5] T.Suehara, et al., “ANALYSIS ON X-BAND STRUCTURE BREAKDOWN AT GLCTA”, Proc, of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004
- [6] EPICS WEB SITE “<http://www.aps.anl.gov/epics/>”
- [7] S.Kusano, et al., “KEK入射器におけるEPICS Toolを用いた加速器情報蓄積システム”, Proc, of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 2006
- [8] N.Kamikubota, et al., “mini EPICS”, EPICS Collaboration Meeting, Tokai, Dec, 2004.