

## VACUUM CONTROL SYSTEM OF THE SCSS PROTOTYPE ACCELERATOR

Teruaki Hasegawa<sup>1,A)</sup>, Kazuyuki Onoe<sup>B)</sup>, Toru Fukui<sup>C)</sup>, Toru Ohata<sup>A)</sup>, Masanobu Kitamura<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> SPring-8 Joint-Project for XFEL/JASRI

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

<sup>B)</sup> ULVAC, Inc.

2500 Hagisono, Chigasaki, Kanagawa, 253-8543

<sup>C)</sup> SPring-8 Joint-Project for XFEL/RIKEN

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

### Abstract

The SCSS (SPring-8 Compact SASE Source) prototype accelerator which was a test-bench for the X-ray FEL was constructed in October 2005, and we have succeeded to confirm the self amplification of spontaneous emission. We have developed a vacuum control system for the SCSS prototype accelerator. The control system is based on a PLC system communicate with VME systems via an FL-net and is implemented on the MADOCA framework. The control system was designed to realize high flexibility, high reliability, high extensibility, easy maintenance and wire-saving. In this paper, we report the detail of the vacuum control system.

## SCSS試験加速器の真空制御システム

### 1. はじめに

SCSS試験加速器はXFEL(X線自由電子レーザー)を実現するための要素技術を検証する試験加速器であると同時に、EUV領域での自由電子レーザー実験施設である。SCSS試験加速器は2005年8月から加速器の据え付けを行い、同年11月よりビームコミッションを開始し、翌年6月、真空紫外線領域においてSASE-FELのレーザー増幅を確認した。

真空機器は真空ポンプ、真空計、ゲートバルブとこれらの制御装置で構成される。制御装置をNIM規格に統一し、PLCを組み込んだインターフェースユニットからこれを制御することで、システムの簡素化、小型化、省配線化を図った。セクション毎に異なる機器レイアウトは制御装置の組み合わせと共通化したPLCソフトウェアで吸収した。上位の制御系はSPring-8で開発され、運用実績のあるMADOCA(Message And Database Oriented Control Architecture)<sup>[1]</sup>システムを使用し、PLCとの通信はオープンFAネットワークであるFL-net<sup>[2]</sup>を採用した。

これらの工夫により短期間での立ち上げに加えて、容易な機器レイアウト変更、利用運転時の保守性、拡張性を確保することができた。本稿では、SCSS試験加速器の真空制御システムについて報告する。

### 2. 設計方針

真空システムは高速に働くインターロックを必要とするRFなどのシステムと問題なく接続でき、強固に真空を保護するシステムが要求される。また

SCSS試験加速器の建設と運用に有意なシステムとし、さらにXFELのシステム造りに役立てるため真空制御システムは以下の方針に基づき設計した。

1. 真空システムの早期構築
2. 統一的なシステム
3. 保守性、柔軟性、拡張性に優れる

具体的には以下の項目を実施した。

- ・ 制御装置と上位制御系とのインターフェースはユニット化して内部にPLCを組み込む。
- ・ 制御システムはSPring-8で運用実績のあるMADOCAを利用する。
- ・ 上位制御系とはオープンFAネットワークであるFL-netを採用する。
- ・ ハードウェア、ソフトウェアを共通化する。
- ・ パッケージを小型化する。
- ・ 機器レイアウトの違いをソフトウェアで吸収する。

### 3. システム構成

真空機器は、ゲートバルブ21台、真空ポンプ32台、真空計65台とこれらの制御装置及びPLCユニット17台で構成され、真空部の総延長距離は約100mである。その間、真空度は $\sim 10^{-7}$ Paに保たれている。真空部はゲートバルブを境に12のセクションに分かれており、異常時にはセクション毎に置かれた機器保

<sup>1</sup> E-mail: hasegawa@spring8.or.jp

護インターロックシステムを経由してRF offやGun offを出力する。

図1にCバンドセクションの真空制御システム概略図を示す。このセクションはゲートバルブ1台、イオンポンプ4台、CCG 4台、BAゲージ4台と制御装置及びPLCユニット2台から成る。制御装置はNIM規格の筐体に収納し、セクション毎に置かれた19インチラックに設置した。

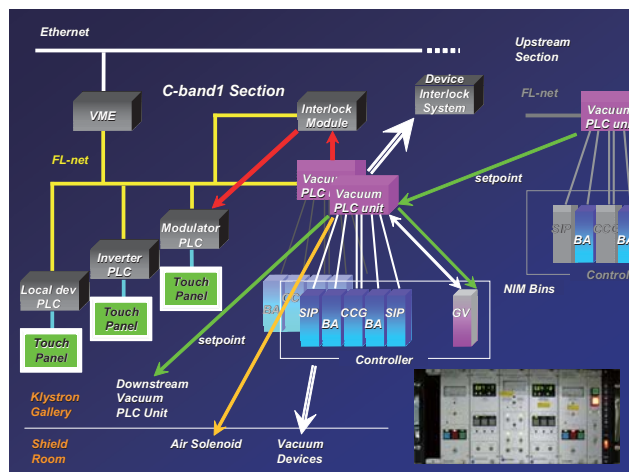


図1 Cバンドセクションの真空制御システム

ゲートバルブの開閉条件は上下流にあるBAゲージのセットポイントとし、上流側のセットポイントステータスはハード結線取得している。

#### 4. PLCユニット

制御装置の制御とデータ収集をするため、内部にPLC (Programmable Logic Controller)を組み込んだイ



図2 PLCユニット外観写真  
(上) ユニット前面、(下) ユニット背面

ンターフェースユニットを製作した。

内部にはPLC (横河電機製 FA-M3) の他に、DC電源や信号を取り合うための回路基板を収納した。図2にPLCユニットの外観写真を示す。ユニット前面にリレーとPLCを配置し、故障時にはウインドウから速やかに交換が行えるよう配置した。またユニット奥のNIM筐体にアクセスしやすいように開閉機能を有する。

ユニット背面には制御装置と同じインターフェースを設け、D-subストレートケーブルで接続する。セクション毎に違う機器レイアウトを吸収するため、接続機器のuse/not useを決定するスイッチを設けた。共通化したPLCソフトウェアでそのステータスを読み取り、処理を行う。端子台ではゲートバルブや機器保護インターロックなどの信号を入出力する。そのほか、PLCを保守するためのEthernetポート、上位制御系のVMEと通信するためのFL-netポートを用意した。

PLCユニットは柔軟性を確保し、小型化するため、NIM筐体1台分の機器コントローラを制御する設計とした。NIM筐体1台あたりゲートバルブ1台、イオンポンプ2台、CCG2台、BAゲージ2台のコントローラが設置可能である。サイズはNIM筐体と同じEIA規格の5Uサイズで、奥行きは204mmである。19インチラックの前面にNIM筐体、背面にPLCユニットを設置し、小型で簡素化されたシステムとなった。図3にNIM筐体とPLCユニットの設置図を示す。

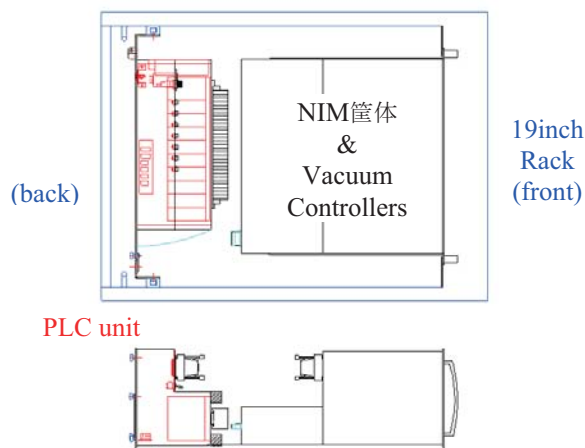


図3 ラック内配置図

#### 5. 立ち上げ

迅速な立ち上げを実現するためにデバッグツールをPLCとグラフィックパネルを用いて製作した。デバッグツールでは機器ステータスの確認、データ取得、FL-net上のメモリ確認が行える仕様とした。図4にデバッグツールの外観を示す。

VME及びより上位の制御系からPLCへの指令はFL-netを経由して送られる。この信号はノイズの影響を受けないようにストロブを使用しているため、

デバッグツールに信号をラッチする機能を加えた。グラフィックパネルではFL-netの全ての共通メモリ領域を参照することが可能な表示とした。

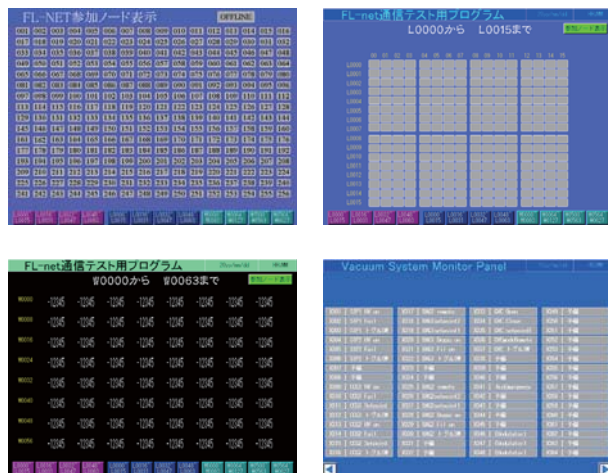


図4 デバッグツールの外観

インターフェースPLCをユニット化したことによりオフラインでの製作と総合動作の確認が可能となり、事前にハード配線等のデバッグを行った。またデバッグツールを上位制御系のシミュレータとして、オフライン動作試験を行った。

立ち上げ作業はPLCユニットの設置後に共通ソフトのインストールとFL-netの領域設定変更だけであったため、上位制御系との全体組み合わせ試験の工数を大幅に減らすことができた。

その結果、真空の制御システムは全てのコントローラの設置、配線、通信の確認及びデバッグを含めて約1週間で立ち上げることができた。

## 6. 運用と拡張

真空システムはオペレータがGUIより監視と操作を行う。図5に示すGUIは全体の真空度を表示するグラフとゲートバルブを開閉する機能を有している。

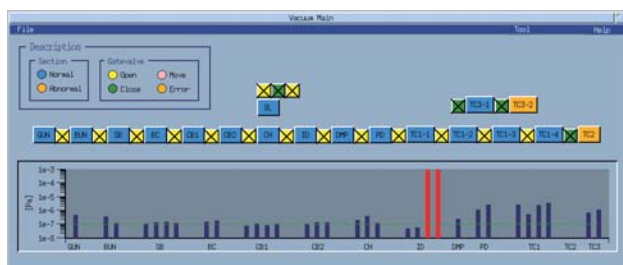


図5 真空システム監視GUI

昨年11月には新たな真空セクションとしてSeeding Laserセクションが新設された。機器レイアウトは従来と異なる仕様であったが、他と同様のユニットを使用することで制御を含めた真空システムを短期間で構築した。

本年10月より予定されているEUV実験施設の利用

運転のため、EUV真空セクションの新設と整備を行った。EUVセクションは加速器の機器レイアウトと大きく異なるため、専用のPLCユニットを製作した。基本的な設計方針は同じであるため、この場合も短期間で整備が完了した。

## 7. XFELに向けて

今回の経験を活かして現在建設しているXFELのシステムでは以下の改善を行うことを予定している。

デバッグツールにはPC上で機能するソフトウェアを用意し、製造メーカーがデバッグを行った後に納品する。

取り扱うユニットの単位をNIM筐体とするのではなく、ある程度広いセクションの機器を取り扱えるようI/Oユニットを配置し、PLCがそれらを管理するシステムとすることでシステムの分散化とコストの削減を図る。ただし、隣り合う真空度（セットポイント）の情報が必要とするゲートバルブ等については機器保護インターロックを経由した受け渡しとし、省配線化と柔軟性を確保する。

## 8. まとめ

制御を含めた真空システムは、加速器の据え付けから約2ヶ月という極めて短い期間で立ち上げを行った。また非常に小さく、柔軟性、保守性、拡張性に優れた制御システムを構築した。

2005年11月より加速器のコミッショニングを開始し、翌年6月にはレーザー増幅を確認した。SCSS試験加速器は10月の利用運転に向けて、安定したレーザー増幅が得られるよう調整を行っているが、制御を含めた真空システムは、トラブルもなく運転を継続している。

## 参考文献

- [1] R.Tanaka, et al., "The first operation of control system at the SPring-8 storage ring", Proceedings of ICALEPCS'97, Beijing, China, 1997, p1.
- [2] T.Fukui, et al., "Development of a communication with PLC by using the FL-net as open standard PLC link", Proceedings of PCaPAC2005, Hayama, Japan, 2005.
- [3] T.Ohata, et al., "The Control System of The SCSS Prototype Accelerator", Proceedings of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 2006.