

PLC-BASED CONTROL SYSTEM FOR THE KEK DIGITAL ACCELERATOR

Eiichi Kadokura¹,

Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization

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

Abstract

The KEK digital accelerator (KEK-DA), which is a small scale induction synchrotron and the renovation of the former KEK 500MeV booster synchrotron, is under beam commissioning since July 22nd, 2011. For the control of all equipment's in the KEK-DA, the PLC (Programmable Logic Controller) made in a single company has been employed. This enables us to easily develop the operation software and quickly deal with changes in the operation mode. There have been no troubles caused by the control system since its start. We can say the present control system is highly reliable.

PLCによるKEKデジタル加速器制御システム

1. 概要

シンクロトロンに於ける誘導加速(デジタル加速)方式を実証する為にKEK-PS-ブースター陽子シンクロトロン(500MeV)を改装して2011年7月22日からテスト運転を行っている。この加速器の全ての機器の制御システムをひとつの会社で製作されているPLC(Programmable Logic Controller)に限定する事によりソフトウェア開発が簡便になり、加速器の運転モード変更迅速な対応が出来るようになった。運転開始以来、制御システムに起因する故障は皆無であり、非常に高い信頼度を得ている。

2. デジタル加速器

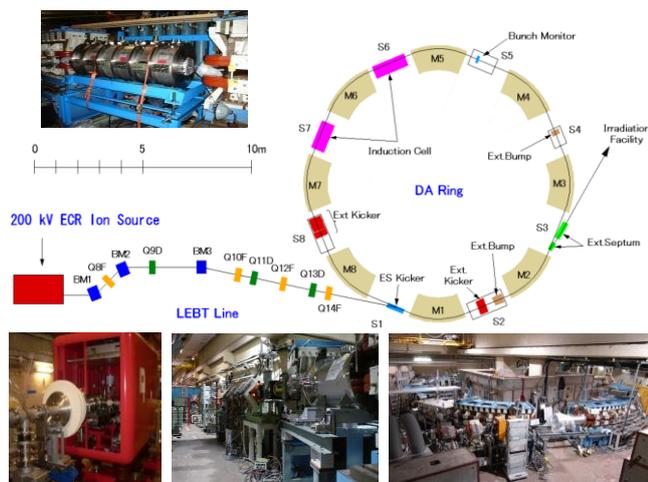


図1: デジタル加速器の構成

デジタル加速器はECR イオン源で200KeVの陽子

イオンビームを発生し、LEBTラインを通しDAリングに入射する。入射されたビームは誘導加速セルにより12MeVまで加速し、取り出しラインに出射する。現在はDAリングでのDC磁場での誘導加速セルによるビーム閉じ込め、DC+AC磁場での加速実験を行っている。

デジタル加速器の特徴は低エネルギービームを線形加速器なしに高エネルギービームまで加速できることである。

3. 制御システム構成

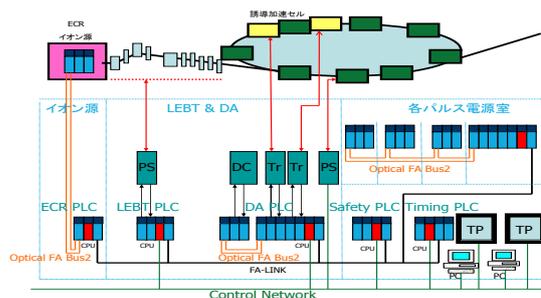


図2: 制御システム ハードウェア構成

図2に制御システム ハードウェア構成を示す。安全とビームスイッチ(Safety)、タイミング(Timing)、ECRイオン源、LEBT、誘導加速(DA)と入射出射(Inj/Ext Pulse)には、PLC親機(CPU)を置き、制御する。PLCの構成はPLC親機(CPU)と各制御機器と接続するPLC子機(IO)とから成る。親機と子機はOptical FA Bus2(10Mbps)で接続して絶縁を図る。各PLC親機間はFA-Link(250Kbps)で接続してデータを共有する。すべてのPLCはタッチパネル(TP 15inch)と信号通信を行う。

¹ E-mail: eiichi.kadokura@kek.jp

発生時間と復旧時間が履歴として保存される。また、各運転モードのBeam ONの時間積算も記録する。

5. タイミング システム

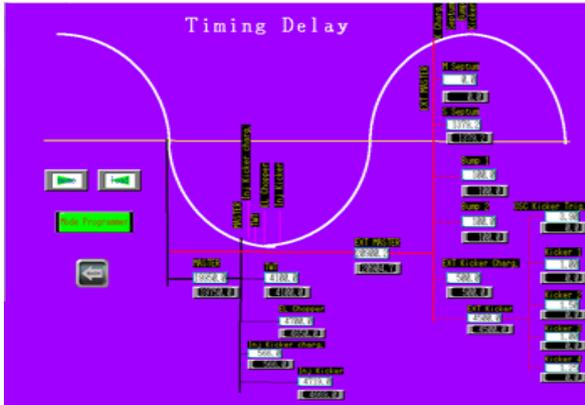


図 9: DA Ring 磁場と Timing Delay 値設定 TP

タイミング システムは DA Ring 磁場 10Hz を基本とする。1 周期 100msec 間に各機器にタイミング信号を送る。DA Ring 磁場波形の立ち下がり中に、AC成分が 0 になった時をタイミングのスタートとする。主なタイミング信号は、デジタル加速前(Inj Master)に Ion source Trigger、Chopper、Inj Kicker、デジタル加速後(Ext Master)、Ext Septum、Ext Bump、Ext Kicker がある。図 9 DA Ring 磁場と Timing Delay 値設定 TP を示す。

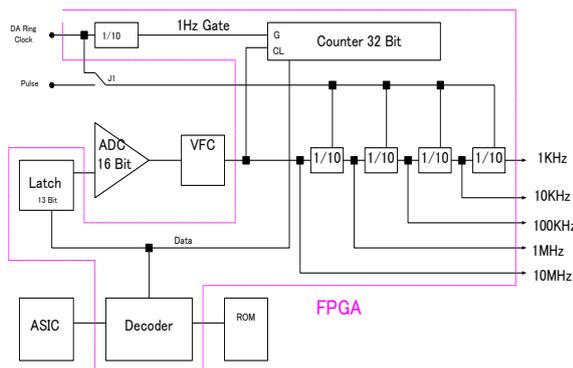


図10: タイミング・クロック発生器

図10にタイミング クロック発生器を示す。DA Ring磁場からの10HzのClockを1/10にして1Hz Gateを作る。このGateの間 10^7 countsになるようVFCをコントロールする。これにより、常にDA Ring磁場に同期した10MHz clockを作る。

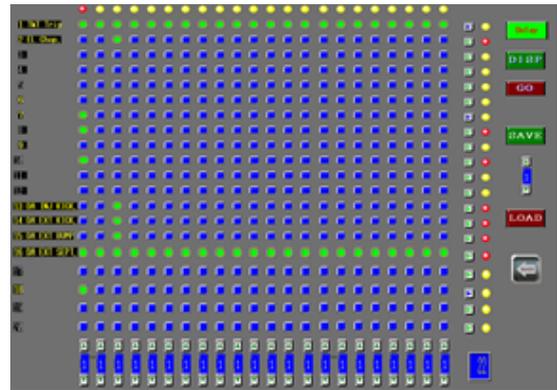


図11: モード プログラマーTP

図11にモード プログラマーTPを示す。モード プログラマーTPで100msec Gate毎に各タイミング信号のON/OFFをする。各タイミング信号はタイミングのスタートからPLC Delay Module(20MHz 24bits Counter)で遅延させて作る。Delay用ClockはDA Ringの10Hzを定倍した約10 MHz Clockを使用する。

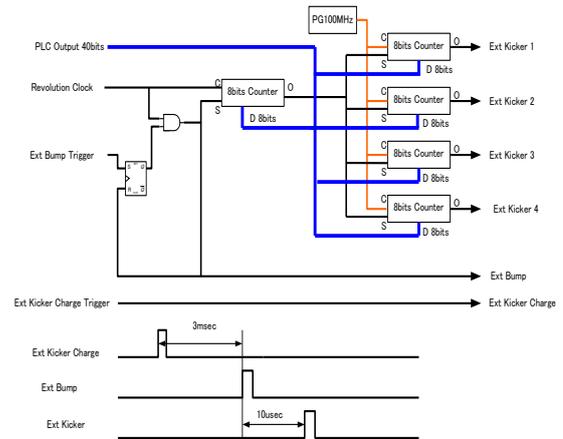


図12: デジタル加速取り出しタイミング

デジタル加速器からの取り出し用Ext Bump、Ext Kicker信号は周回周波数(取り出し時：2MHz)と同期をとる。Ext Kicker信号はExt Bump信号から周回周波数を使い10msec遅らせて、そのあと4台あるExt Kickerの1台毎にNIM Delay Module(100MHz 24bits Counter)で遅延させて入れる。各Ext Kickerの充電は4msec前から行う。図12にデジタル加速取り出しタイミングを示す。モード プログラマーは最大19.8sec(9 * 22)間のパターン制御が可能である。すべてTiming PLCが行う。

6. 電源制御システム

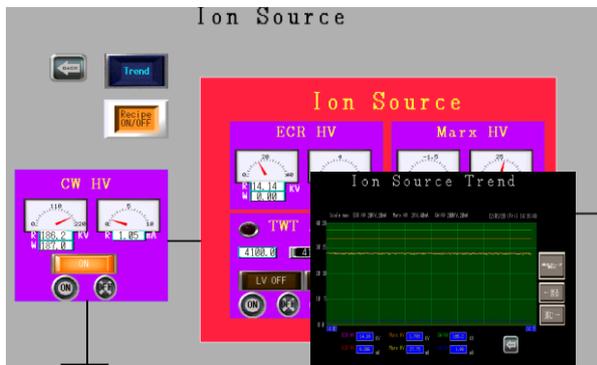


図13: イオン源操作とTrend表示TP

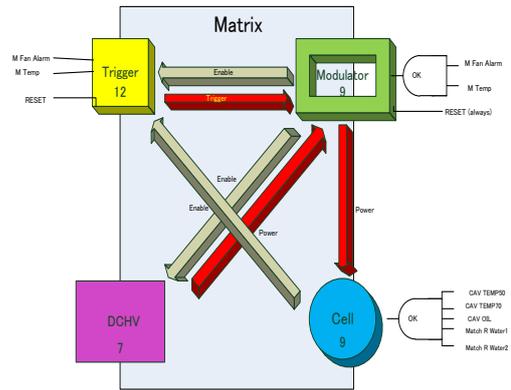


図16: DA加速電源インターロック結線構成

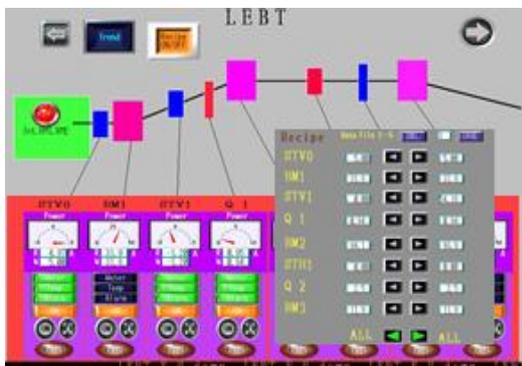


図14: LEBT 操作、Recipe と

流シインフォメーション TP

デジタル加速器のECRイオン源、LEBT、DA加速とInj/Ext Pulse電源の制御を行っている。各パート電源にTP画面を作り、電源の電圧、電流のTrend(1sec step)表示も行う。TrendデータはTP内のUSBメモリにCSVファイルで保存する。電源の設定値は5つRecipeファイルを用意し、Save/Loadできる。電源が落ちた時はTP下に流シインフォメーションを出す。また、Interlock、ON/OFF Statusの履歴表示も行っている。



図15: DA加速電源操作TP

DA加速電源はDC充電器7台、Modulator 9台、Trigger機器3台（1台:4 Trigger）、加速セル9台で構成される。これらの装置のインターロックと電源をPLC IOに個別接続して制御する。運転条件により機器の組み合わせを変える。それに伴ってインターロック結線をTPで選択する。図15にDA加速電源操作TP、図16にDA加速電源インターロック結線構成を示す。

7. データベース

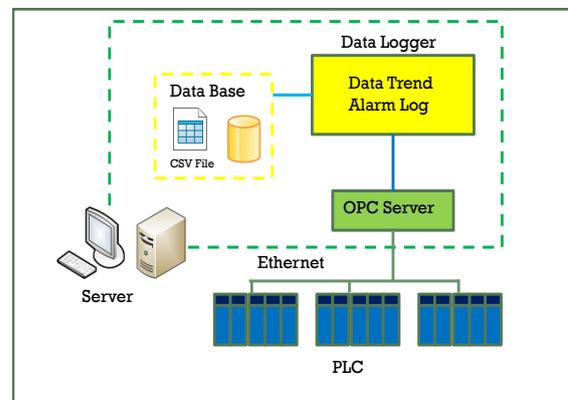


図17: データベース構成

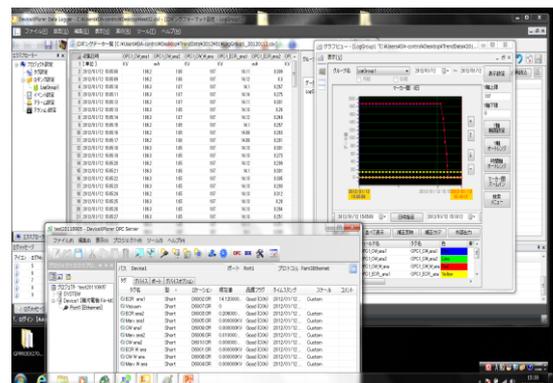


図18: OPC Server とData Loggerソフト

データベースはOPC ServerによりPLCからEthernetを通して設定値、Trend Data、Alarm LogをData Base Serverに保存する。図17にデータベース構成を示す。また、図18にOPC Server とData Loggerソフトを示す。Data Loggerソフトによりイオン源データのCSVファイルとTrendグラフを表示している。

8. おわりに

運転開始以来、制御系の故障もなく安定的に動作している。次期ステップとしてExtractionラインの電源制御、安全システム拡張が必要である。また、Beam Monitor信号が制御系に繋がっておらず、早急に行いたい。それに伴いデジタル加速器情報Web Pageの製作も必要である。

参考文献

- [1] E.Kadokura, S.Noguchi, “Beam Operation and Safety System for the Proton LINAC of the JAERI/KEK Joint Project”
Submitted to the Second Asian Particle Accelerator Conference, APAC’01, Media Center, Beijing, China Sept. 17-21, 2001
- [2] E.Kadokura, J.Kishiro and T.Ishida “The Timing Control System for KEK Proton Synchrotron using PLC”
The 3rd International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls, PCaPAC2000, DESY, Hamburg, Germany Oct. 9-12, 2000
- [3] E.Kadokura, T.kawakubo and M.Saotome “KEK-PS Operation Record and its Statistical Calculation by Computer” The 2nd International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls, PCaPAC’99, KEK, Tsukuba, Japan Jan. 12-15, 1999.
- [4] E.Kadokura, et al., “The improvement of the KEK PS control system” International Workshop on Controls for Small-and Medium-Scale Accelerators (IWCSMSA96) KEK, Tsukuba, Japan Nov. 11-15, 1996