

## PLC-BASED BEAM-CHARGE INTERLOCK SYSTEM FOR RADIATION SAFETY AT THE KEKB INJECTOR LINAC II

Eiichi Kadokura<sup>1</sup>, Tsuyoshi Suwada, Masanori Satoh and Kazuro Furukawa  
Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

A new PLC-based beam-charge interlock system has been developed for radiation safety at the KEKB injector linac. This system restricts a prescribed amount of integrated beam charges passing through at several locations along the linac for machine protection, and it also monitors the amount of integrated beam charges injecting to four different storage rings (KEKB  $e^+$  &  $e^-$  storage rings, PF, PF-AR) at the linac beam switchyard. The beam charges delivered from an electron gun are measured with the PLC-based beam-charge interlock system. This system comprises wall-current monitors, beam-charge integration circuits, and a PLC-based control system. This system generates and sends beam abort signals directly to another radiation safety control system with hard-wire cables when the amount of the integrated beam charges is beyond the prescribed threshold level. This system began operating on March 27, 2008. This report is we have done the improvement that reliability and the operativeness of the PLC-based beam-charge interlock system.

## PLCによるKEKB入射器の放射線安全のための ビーム電荷インターロックシステム II

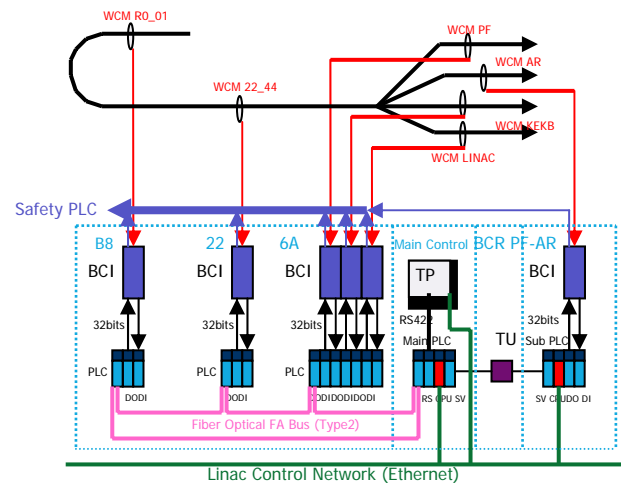
### 1. はじめに

KEKB入射器ではパルス運転による2台の放射光 (PF, PF-AR)及び、2台のKEKBリング (電子、陽電子リング) への同時連続入射の計画をしている。そのためには、放射線安全インターロックシステムを確実なものにする必要がある。放射線安全管理ではKEKB入射器に対する、一定時間のビーム電荷制限量を規定している。このため、KEKB入射器の各ラインを通過するすべてのビーム電荷量を確実に計測・監視し、ビーム電荷制限量を超えないように運転する必要がある。また、ビーム電荷量及び、加速回数を計測することにより、KEKB入射器での年間の加速ビーム積算電荷量の実績を出すことを可能にしている。このシステムは2008年3月27日より運用を開始した。運用までにシステムの信頼性及び、操作性を向上させる改良をしてきたので報告する。

### 2. ビーム電荷インターロックシステム

PLCによるビーム電荷インターロックシステム (参照 図1) では入射器ライン及び、同時入射のためのビームスイッチャードに設置した壁電流モニター(WCM)からのビーム電荷信号をビーム積算電荷制限モジュール(BCI)に接続している。このモジュールは各ラインでの一定時間のビーム電荷量の積算を行うと同時に放射線安全で定められたビーム電荷制限量の比較判定を行い、超えた場合はハードワイ

ヤーにより放射線安全システムに送られ、ビームラインのビーム停止を行う。すべてのBCIはPLC(Programmable Logic Controller)により管理を行っている。PLCはモジュールに対するビーム電荷制限量の設定及び、モジュールから積算電荷量を1秒毎に読み出している。PLCは各BCIから読み出したビーム積算電荷量及び、Shot数を元に秒、時間、日、週データを作る。また、現在の秒及び時間ビーム積算電荷値がビーム電荷制限量の何%かを計算し、上位制御システムに知らせて、80%を超えた場合に警報を出し、事前ビーム量の調整を行なう。



<sup>1</sup> E-mail: eiichi.kadokura@kek.jp

図1：ビーム電荷インターロックシステム構成図

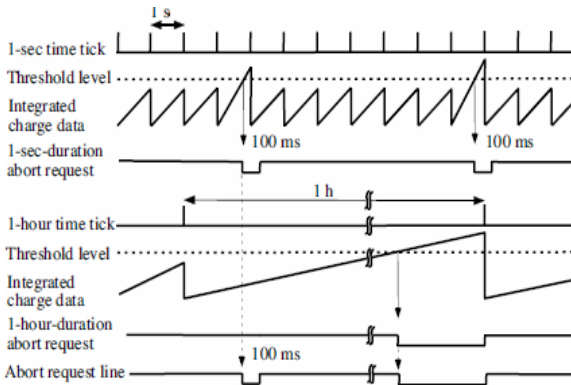


図2：BCIのビーム電荷積分とAbort信号

### 3. ビーム積算電荷制限モジュール

BCIはWCMからの電子・陽電子ビーム・バンチ(最大50Hz、幅2ns)信号を受ける。そしてビーム信号自身により、自己トリガーを作り、ビーム検出を行なう。これにより外部ビームゲート信号なしで動作するのでシステムをシンプルにし、安全性を向上させている。内部にはCPUと時計を持ち、2ms間隔でビーム電荷信号をAD変換し、1秒間の合計を1秒ビーム積算電荷量とし、これをもとに時間ビーム積算電荷量も出している。最大500Hzまでビーム電荷信号を受けることが可能である。また、同時にPLCより事前にセットされた秒及び、時間のビーム電荷制限量との比較を行い、ビーム積算電荷量がビーム電荷制限量を超えたとき、Abort信号を出す。秒及び、時間積算の開始は正時に秒及び時間ビーム積算電荷量をクリアにして積算を開始する。秒Abort信号は100ms幅のパルス信号出し、時間のAbort信号は次の正時が来るまでレベル信号(最小500ms幅)を出し続ける。Abort信号ラインは一つのため、信号幅により秒及び、時間Abort信号を区別している。また内部CPUの異常時もAbort信号に200ms幅のパルス信号を出す。(参照 図2)

## 4. PLC制御

### 4.1 PLCの構成

PLCの構成はMain 及び、Sub PLCから成り、Main PLCは親機と子機3台でSub PLCは親機のみである。これらでBCI 6台を管理する。Main PLCの機器間は光FABusType2(10Mbps)で接続している。総延長で1.3Kmにおよぶ。Main PLCの親機電源にONディレー・タイマーを入れ、停電復帰後も自動的に子機を認識する。Main及び、Sub PLC間のデータ通信は既存のペア線1対を使用したため、128bits双方向のシリアル転送で行っている。BCIにはPLCのデジタル入出力32bitsで接続し、通信速

度を上げている。PLC CPUは横河(F3SP66-4S)を使用し、ネットフィルターを掛けて特定の上位計算機のみ接続可能にしている。操作用にタッチパネル(TP: デジタル GP-3500)をPLCとRS422(115Kbps)で接続し、上位制御ネットワークを通さず、操作可能にしている。また、他に、携帯用TPを用意し、BCIが設置されている近くのネットワークに接続すれば、現場でのBCI調整も可能にしている。すべてのBCI及び、PLCの電源にUPSを入れ、瞬停時も落ちないようにしている。PLC及び、TPは制御用ネットワークと繋がりソフトのダウンロード、ソフトの修正を容易に行なえる。

### 4.2 PLC、TPソフト

PLCソフトは

1. 上位計算機から時間セットFlagをもらい、1日1回正時にすべてのBCIに対し、時間セットを行なう。
2. 1秒毎に秒及び、時間ビーム積算電荷量とShot数を読み取っている。
3. ビーム電荷制限量、校正係数その他すべての読み書きを行なう。
4. 時間ビーム積算電荷量を元に、時間、日、週、データの積算をする。Shot数も同じ。(参照写真1)
5. 秒、時間ビーム積算電荷制限値に対する監視を行なう。(参照 写真2)

PLC実行速度は周辺処理を5msにし、上位計算機Flagの読み落としをなくし、DIサンプリングタイムを250usに設定し、読み込みミス無くしている。これにより1スキャンタイム5.1msになる。

MAIN	R0_01	22_44	Linac	KEKB	PF	AR
\$積算電荷	148.010	24.276	0.000	11.191	0.000	0.000
H積算電荷	70450	12875	0	6766	273	0
H積算電荷	241520	44356	0	22112	0	0
D積算電荷	6041350	1230939	0	700375	332	543
D積算電荷	6639368	1302568	0	703904	801	1067
W積算電荷	6639368	1302568	0	703904	801	1067
W積算電荷	48151068	9422402	0	4894387	13958	25603
Shot Number	10	10	0	10	0	0
H Shot<---	6605	6605	0	6610	3853	0
H shot	20211	20209	0	20205	0	0
D Shot<---	670772	670692	0	673141	4507	2511
D Shot	658313	659283	0	664115	10704	4991
W Shot<---	658313	659283	0	664115	10704	4991
W Shot	4831288	4828851	0	4854798	185871	126583

Copy  
08/06/22 (Sun) 21:19:51

写真1：TPによる秒、時間、日、週のビーム積算電荷量とShot数の積算

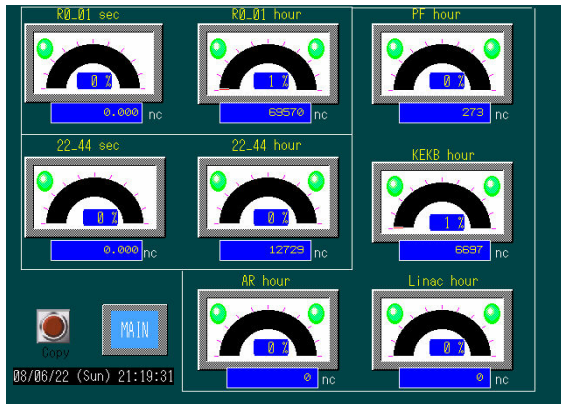


写真2：TPによるビーム積算電荷制限インジケータ

TPのパネルはメイン、アラーム履歴、ビーム電荷制限インジケータ、トレンド、ビーム電荷制限設定、各BCI操作パネルから成る。

## 5. データ通信

### 5.1 PLCとBCIの通信

PLCとBCIの通信はWordデータ及び、Bitデータがあり、Wordデータはハンドシェイク方式にしている。これにより通信ミスを無くしている。

BCIの信号のダイナミックレンジが広いので、校正計数及び、すべての電荷量データは指数をつけて行っている。

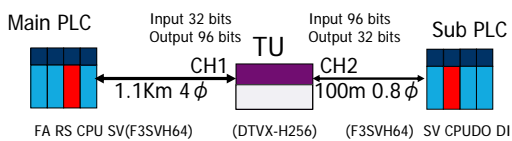


図3：Main PLCとSub PLC間の接続図

### 5.2 Main PLCとSub PLCの通信

Main PLCとSub PLCとの通信はBitシリアル通信を行なっている。Main及びSub PLCの間にNKEのデータトランスファユニット(DTVX-H256)を置き、両側にNKEのユニラインインターフェース(F3SVH64-Z12)を置いている。(参照 図3)

Main PLC		CH1	CH1
		Input 96 bits	Output 32bits
bit		bit	
101-16	S電荷積算値	1201	Reset abort
117-20	10**	1202	Set abort
126-21	1sec shot	1203	Reset clock
127	1sec abort	1204	Clear data
128	1hour abort	1205	Set clock
129	Detect pulse	1209-221	Data 16bits
130	Run cpu	1225-228	10**
131	Over ADC	1229	Set 校正係数A
132-47	H電荷積算値	1230	Set Hour電荷制限値
148-51	10**	1231	Read 校正A
152-67	Data 16bits	1232	Read Hour制限値
168-71	10**		
172	Set 校正A		
173	Set Hour制限値		

Sub PLC		CH2	CH2
		Output 96bits	Input 32 bits
bit		bit	
101-16	Sec電荷積算値	1201	Reset abort
117-20	10**	1202	Set abort
126-21	1sec shot	1203	Reset clock
127	1sec abort	1204	Clear data
128	1hour abort	1205	Set clock
129	Detect pulse	1209-221	Data 16bits
130	Run cpu	1225-228	10**
131	Over ADC	1229	Set 校正係数A
132-47	H電荷積算値	1230	Set Hour電荷制限値
148-51	10**	1231	Read 校正A
152-67	Data 16bits	1232	Read Hour制限値
168-71	10**		
172	Set 校正A		
173	Set Hour制限値		

表1：Main PLCとSub PLCとのBitデータ

データトランスファユニットはCH1からのInput Bitシリアルデータをシリパラ変換し、CH2にシリパラ変換しOutput Bitシリアルデータを出す。また、

同じようにCH2からのInput BitシリアルデータをCH1にOutput Bitシリアルデータを出す。Main PLCはInput96点、Output32点のBitシリアル通信を行い、反対にSub PLC側がInput32点、Output96点となる。Sub PLCより1秒毎にPF-ARの秒及び、時間ビーム積算電荷量とShot数データがMain PLCに送られてくる。(参照 表1)また、Main PLCからはPF-ARのBCIに対してこのBitシリアル通信を通して行い、設定及び、BCIの読み返しを可能とした。伝送遅れ時間は41msである。

## 6. おわりに

放射線安全に関わるこのシステムは作る上で極力外部との繋がりを避け、単独システムにして信頼性を上げ、故障がないシステムにする必要がある。

現在までの運転では確実に動作している。これからも加速器の運転に伴う改良がある場合は動作の安定性を考えてシステムの改善をする必要がある。

## 参考文献

- [1] T.Suwada, et al., Procs. The 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, 2006, p. 789.
- [2] T.Suwada, et al., Procs. The 32th Linear Accelerator Meeting in Japan, 2007, p. 850.
- [3] E.Kadokura, et al., Procs. The 32th Linear Accelerator Meeting in Japan, 2007, p.357
- [4] T.Suwada, et al., Rev.Sci.Instrum. 79,023302 (2008) .
- [5] T.Suwada, et al., this meeting.