

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

Eiichi Kadokura¹, 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 is under development 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. In this report we describe the new design of the PLC-based beam-charge interlock system, and especially, several software developments and performances implemented on the PLC are described.

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

1. はじめに

KEKB入射器では新たにパルス運転による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、一定時間のビームの積算制限電荷量を規定している。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の電荷量を確実に計測・監視し、電荷制限量を超えないように運転する必要がある。また、ビームの電荷量及び、加速回数 (Shot Number) を計測することにより、KEKB入射器での年間の加速ビーム電荷量の実績を出すことを可能にする。以上を実現するために本システムを構築したので報告する。

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 (Wall-Current Monitor) からのビーム電荷信号を今回開発した積算電荷制限モジュール (Charge Integrating Module) 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

全システムに信号が送られ、ビームラインのビーム停止を行う。すべてのCIM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。また、PLCは各CIMから読み出した積算電荷量及び、加速回数を元に秒、時間、日、週までの積算量と加速回数及び、積算電荷値トレンドを行っている。このPLCは上位制御システムと制御用ネットワークを通して接続し、KEKB入射器での加速回数及び、ビームの電荷量データとなる。

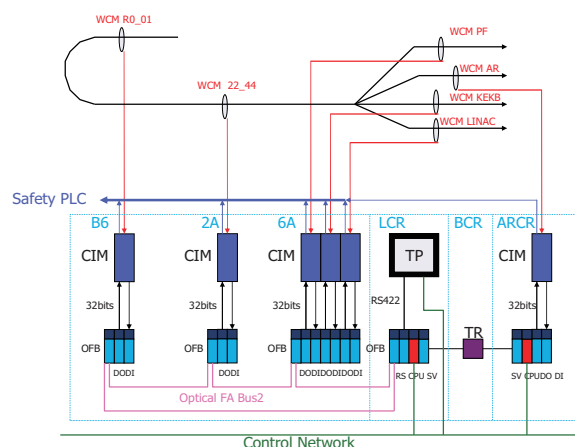


図1: ビーム電荷インターロックシステム構成図

¹ E-mail: eiichi.kadokura@kek.jp

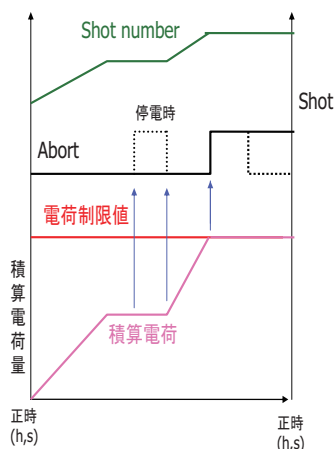


写真1：CIM写真 図2：CIMの機能図

3. 積算電荷制限モジュール

積算電荷制限モジュール(NIM2幅：写真1)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、AD変換を行い、その結果を積算する。モジュールは、内部にCPUと時計を持ち、秒及び、時間積算を行うと同時にPLCより事前にセットされた秒及び、時間の電荷制限値との比較を行う。積算電荷量が電荷制限値を超えたとき、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積算電荷量をクリアして積算を開始する。秒のAbort信号は100msec幅のパルス信号を出し、時間のAbort信号は次の正時が来るまでレベル信号を出し続ける。よって、次の正時までの時間、加速ラインにビームを出すことが制限される。また、他の機能として加速ビーム回数を連続しカウントしていく。停電時はすべてのデータはモジュール内の不揮発性メモリに格納され、停電復帰後RAMエリアに戻される。しかし、内部時計は作動しており、復帰時に次の正時を超えている場合、積算電荷量はクリアされる。Abort信号が出ている場合、即座にクリアされる。なお、Abort信号は接点信号でノーマル・クローズのため、断線及び、停電時、オープンになり、放射性安全が保たれる。(参照 図2)

4. PLC制御

4.1 PLCの構成

本システムは2台のPLCのセットを使用し、1セットは親機と子機3台からなり、5台のCIMを管理している。機器間は光FA-Bus2(10Mbps)によるループ接続をして信頼性を上げている。総延長は1.3Kmにおよぶ。親機の電源には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ようにしている。他セットは親機のみからな

り、1台のCIMを管理している。2台のPLCセット間のデータ通信は既存の1.1 Kmのペア線を使用しているため、128bits双方向のシリアル転送になっている。CIMにはPLCのデジタル入出力32bits(DI,DO)の平行信号を接続して通信速度を上げている。PLCは横河でCPUにF3SP66-4Sを使用している。上位計算機との接続はネットフィルターを掛けて特定の計算機のみ接続可能にし、安全性を確保している。すべてのモジュールの設定及び、操作は10インチのタッチパネル(TP：デジタルGP-3500)を使用して行っている。PLCとTPはRS422(115Kbps)で接続し、上位制御用ネットワークを通さず、操作可能にしている。また、すべてのCIM及び、PLCの電源にUPSを入れ、瞬停時の影響を受け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、修正やメンテナンスを容易にしている。

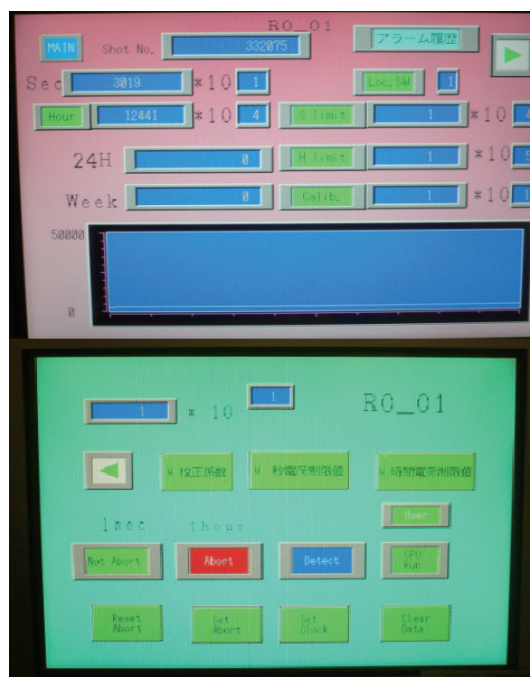


写真2：CIM操作パネル

4.2 PLC、TPソフト

PLCソフトでは各CIMに対し、1秒電荷積算値、Shot数を1秒毎に読み、PLC内部メモリに格納し、1秒電荷積算値、Shot数のデータから時間、日、週に分けてPLC内部メモリに積算する。PLC実行速度は1スキャンタイム1msec以下になっている。よってDIサンプリングタイムを250usecに設定し、読み込み遅れを無くしている。DOの速度は1msec以下である。

TPのパネルはメイン、アラーム履歴、電荷制限インジケータ、トレンド、各CIM操作パネルからなる。

5. データ通信

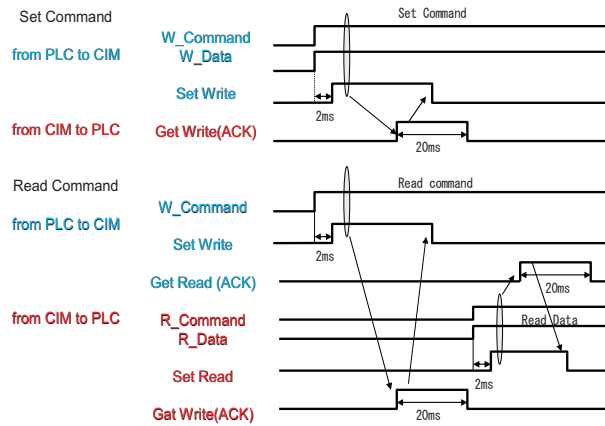


図3：PLCとCIMのハンドシェイク図

5.1 PLCとCIMの通信

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。(参照図3)

CIM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。表1にPLCとCIMのコマンド及び、Bitデータを示す。

Write Command		Bit					W_Command					W_Data								
	Bit	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	...	1
Set 校正計数										1	1	0	1	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
Set 1秒電荷制限値(nc)										1	1	1	0	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
Set 1時間電荷制限値(nc)										1	1	1	1	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
Read 校正計数										0	1	0	1							未使用
Read 1秒電荷制限値										0	1	1	0							未使用
Read 1時間電荷制限値										0	1	1	1							未使用
Read 1秒電荷積算値										0	0	0	0							未使用
Read 1時間電荷積算値										0	0	0	1							未使用
Read Shot Number Low										0	0	1	0							未使用
Read Shot Number High										0	0	1	1							未使用
Read Location SW										0	1	0	0							未使用
Write Bit Command																				
	Bit	32	31	30	29	28	27	26	25											
Set Write																				1
Get Read (ACK)																				1
Reset Abort																				1
Set Abort																				1
Reset Clock																				1
Clear Data																				1
Read Data																				
	Bit	32	31	30	29	28	27	26	25	R_Command					R_Data					
										24	23	22	21	20	19	18	17	16	...	1
1秒電荷積算値										0	0	0	0	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
1時間電荷積算値										0	0	0	1	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
Shot Number Low										0	0	1	0							FFFF...D
Shot Number High										0	0	1	1							FFFF...D
Location SW										0	1	0	0							F...D
校正計数										0	1	0	1	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
1秒電荷制限値(nc)										0	1	1	0	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
1時間電荷制限値(nc)										0	1	1	1	10^{-7}	10^{-7}					FFFF...D
Read Bit Data																				
	Bit	32	31	30	29	28	27	26	25											
Set Read																				1
Get Write (ACK)																				1
1秒abort																				0
1時間abort																				0
Detect Pulse																				1
CPU異常																				0
Over ADC																				1

表1：PLCとCIMのコマンド及び、Bitデータ

5.2 上位計算機とPLC通信

上位計算機はデータリードのみとし、PLCの誤動作を防止している。データはすべてPLCデータメモリ (DM) エリアに置き、上位計算機のEPICS IOCを通し、読み込む。表2にデータを示す。

PLC		cplccr.linac.kek.jp		172.19.68.166	
address	address	data	備考	場所	
5002	5001	秒電荷積算値	秒電荷積算値	PF_AR	
5004	5003	時間電荷積算値	増加中の時間積算値	PF_AR	
5006	5005	時間電荷積算値	1時間前の値	PF_AR	
5008	5007	日電荷積算値	1時間毎に増加中の日積算値	PF_AR	
5010	5009	日電荷積算値	前日の日積算値	PF_AR	
5012	5011	週電荷積算値	日毎に増加中の週積算値	PF_AR	
5014	5013	週電荷積算値	前週の積算値	PF_AR	
5016	5015			PF_AR	
5018	5017			PF_AR	
5020	5019			PF_AR	
5022	5021	Shot Number	合計加速回数	PF_AR	
5024	5023	時間Shot	増加中の時間Shot	PF_AR	
5026	5025	時間Shot	1時間前のShot	PF_AR	
5028	5027	日Shot	1時間毎に増加中の日Shot	PF_AR	
5030	5029	日Shot	前日の日Shot	PF_AR	
5032	5031	週Shot	日毎に増加中の週Shot	PF_AR	
5034	5033	週Shot	前週のShot	PF_AR	
	5035			PF_AR	
	5036			PF_AR	
	5037	秒Abort	1:abort 1秒で自動復帰	PF_AR	
	5038	時間Abort	1:abort 定時で自動復帰	PF_AR	
	5039	PLC異常	1:PLC異常	PF_AR	
	5040	CIM異常	1:モジュール異常	PF_AR	
PLC		cplccr.linac.kek.jp		172.19.68.165	
address	address	data	備考	場所	
5102	5101			RO_01	
:	:		同上	RO_01	
5134	:			RO_01	
:	5140			RO_01	
5142	5141			22_44	
:	:		同上	22_44	
5174	:			22_44	
:	5180			22_44	
5182	5181			Linac	
:	:		同上	Linac	
5214	:			Linac	
:	5220			Linac	
5222	5221			KEKB	
:	:		同上	KEKB	
5254	:			KEKB	
:	5260			KEKB	
5262	5261			PF	
:	:		同上	PF	
5294	:			PF	
:	5300			PF	
注意		すべての積算値単位 nC			
		すべての量及び数はバイナリ-32bit			

表2：DMエリアデータ

6. おわりに

PLCは、積算電荷制限モジュールを監視しつつ、上位制御用計算機と相互監視することにより、信頼性を上げることができる。

現在は電子、陽電子ビーム電荷の区別無く、積算しているが、運転安全PLCより運転モード信号を受けることにより、個別電荷積算ができるようになる。

システムの故障時、どんな箇所でも容易に交換修理を可能にし、短時間での運転再開を目指す。

参考文献

- [1] T.Suwada, et al., Procs. The 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, 2006, p. 565.
- [2] T.Suwada, et al., this meeting.