

PLC-BASED INJECTION LIMIT SYSTEM OF THE J-PARC MAIN RING II

Shigenobu Motohashi^{A)}, Dai Arakawa^{B)}, Jun-ichi Odagiri^{B)}, Yasunori Takeuchi^{B)} and Takeshi Toyama^{B)}

^{A)} Kanto Information Service (KIS)

8-21 Bunkyocho, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

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

Abstract

An injection limit system was implemented to make the amount of the injected charge into J-PARC Main Ring stay below a level allowed by the restriction for radiation safety. The data acquisition system adopted FA-M3 Programmable Logic Controller (PLC). While the important data, such as integration value of an injected electric charge and maximum value, needs to be monitored from a viewpoint of operation. From a viewpoint of Personal Protection System (PPS), the important data must be protected from being written by the control computer. In order to meet the both demands, we use the FA-Link which is the function of PLC.

PLCを用いたJ-PARC主リングの入射制限システム II

1. はじめに

J-PARC加速器制御システムの入射電荷制限システムは、入射されるChargeを読み出すFast Current Transformer (FCT)の出力を積算し、1時間あたりの入射量が上限を超えないことを監視する機能を有し、そのデータ収集系には、多くの採用実績を持つFA-M3^[1] Programmable Logic Controller (PLC)を採用している。

オペレーションの観点からはPLC上にある入射電荷の積分値や上限の設定値等のデータへの自由なアクセスを保証する必要がある。一方 Personal Protection System (PPS)の観点からは安全性・信頼性を優先し、重要なデータは、上位計算機からの誤った書き込みに対する保護が必要である。

これらの相反する双方の要求を解決するため、入射電荷制限用PLCは制御ネットワークから切り離す一方で、制御ネットワークからアクセス可能な別のPLCとFAリンクモジュールにより接続するという構成をとった。即ち、「入射電荷制限用PLCは、FAリンクにより3つのPLC間で共有されるリンクレジスタへの書き込みは行わぬが、リンクレジスタからの読み出しは行わない」というルールの下で稼働させるようにした。

以上の設計方針を具体化した本システムの構成を図1に示す。上位側のPLCは制御ネットワークに接続され、PPSには関与せず、データの一方方向の流れを実現するために用いられる。PPSの発報通知に用いられる下位側2台のPLCはEthernetポートを持たず、制御ネットワークから隔離された環境下に設置される。下位側の2台のPLCの持つ情報は、FAリンクを使って上位側のPLCに転送される。制御側の計算機から下位側PLCの情報にアクセスしたい時には、直接下位のPLCを参照できず、Ethernetを通じて上位側PLCに間接的にアクセスすることで実現される。

なお、FCTの出力から、PPSへの警報発報までの処理回路の実装については、本研究会の報告WP10^[2]に譲り、本稿では上位とのインターフェースについて報告する。

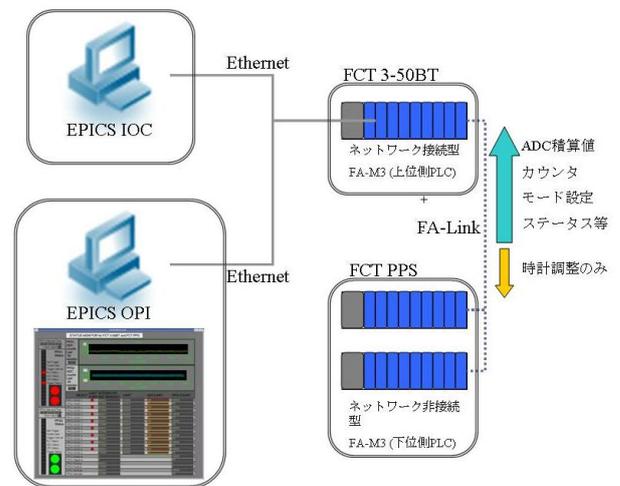


図1：入射電荷制限システムの構成

2. FAリンクによるデータ転送

2.1 データ転送の内容

FAリンクを使って、下位側PLCから上位側PLCに転送されるデータの内容を、表1と表2に記す。

2.2 局番号の指定、PLCの結線

PLC間のデータ転送を実現するため、FAリンク用モジュール F3LP02-0N を用いた。図2のように、FAリンクモジュール間はシールド付き2対ツイストペアケーブルを使い結線する。

表1：FAリンクを使って転送されるデータ 1

WLレジスタ	開始ビット	データ数	内容
W00043	0	8	選択中の運転モード(モード1~モード8)
W00043	8	8	(予備)
W00044	0	1	警報接点1
W00044	1	1	警報接点2
W00044	2	14	(予備)
W00075	0	1	正時リセット
W00075	1	1	主処理実行指示
W00075	2	1	(予備)
W00075	3	1	主処理実行指示 デレイ
W00075	4	1	運転モード無指定
W00075	5	1	ADCデータ転送指示(25回分セット)
W00075	6	2	(予備)
W00075	8	8	モード1~モード8許容限度超過(警報発報)
W00076	0	0	時計調整
W00076	1	1	時計調整(進ませる)
W00076	2	2	時計調整(遅らせる)
W00076	3	13	(予備)
W00077	0	1	時計調整(遅らせる)
W00077	1	4	(予備)
W00077	5	1	割込み間隔監視用フラグ
W00077	6	1	トリガ異常(警報発報)
W00077	7	1	CPU異常(警報発報)
W00077	8	1	ADC異常(警報発報)
W00077	9	1	HW故障(警報発報)
W00077	10	1	割込み間隔監視異常(警報発報)
W00077	11	1	無効データ(警報発報)
W00077	12	1	割込み取り出し(警報発報)
W00077	13	3	(予備)
W00078	0	16	(予備)

表2：FAリンクを使って転送されるデータ 2

WLレジスタ(先頭)	データサイズ	データ数	内容
W00001	2	8	モード1~モード8制限値(許容限度)
W00017	2	1	トリガ入力カウンタ
W00019	2	1	(未使用)
W00021	2	1	モード無区分(負)トリガ入力カウンタ
W00023	2	1	モード無区分(正)トリガ入力カウンタ
W00025	2	1	モード無指定トリガ入力カウンタ
W00027	2	8	モード1~モード8トリガ入力カウンタ
W00043	ビット		運転モード(モード1からモード8)
W00044	ビット		警報接点(Y00601, Y00602)
W00045	2	1	ADC読み出しデータ(最新)
W00047	2	1	モード無区分(負)積算
W00049	2	1	モード無区分(正)積算
W00051	2	1	モード無指定積算レジスタ
W00053	2	8	モード1~モード8積算レジスタ
W00069	1		上位DLレジスタ(分)
W00070	1		上位DLレジスタ(秒)
W00071	1		上位DLレジスタ(未使用)
W00072	1		上位DLレジスタ(時計遅延)
W00073	1		上位DLレジスタ(時計遅延 秒)
W00074	1		上位DLレジスタ(ADCエラーコード)
W00075	ビット	2	ステータス情報(接点) [別表]
W00077	ビット	2	ステータス情報(接点) [別表]
W00079	1	1	スキャンタイム(運転モード)
W00080	1	1	最小スキャンタイム(運転モード)
W00081	1	1	最大スキャンタイム(運転モード)
W00082	1	1	スキャンタイム(デバッグモード)
W00083	1	1	最小スキャンタイム(デバッグモード)
W00084	1	1	最大スキャンタイム(デバッグモード)
W00085	1	1	周辺処理スキャンタイム
W00086	1	1	周辺処理最小スキャンタイム
W00087	1	1	周辺処理最大スキャンタイム
W00088	1	1	自己診断エラー番号
W00089	1	1	自己診断エラーロック番号
W00090	1	1	自己診断エラー命令番号
W00091	1	1	西暦(年)の下位2桁
W00092	1	1	月
W00093	1	1	日
W00094	1	1	時
W00095	1	1	分
W00096	1	1	秒
W00097	1	1	自局番号
W00098	1	1	FAリンク1自局ステータス
W00099	1	1	FAリンク1伝送時間1ms単位
W00100	1	1	(予備)
W00101	1	25	ADCカウント1~25

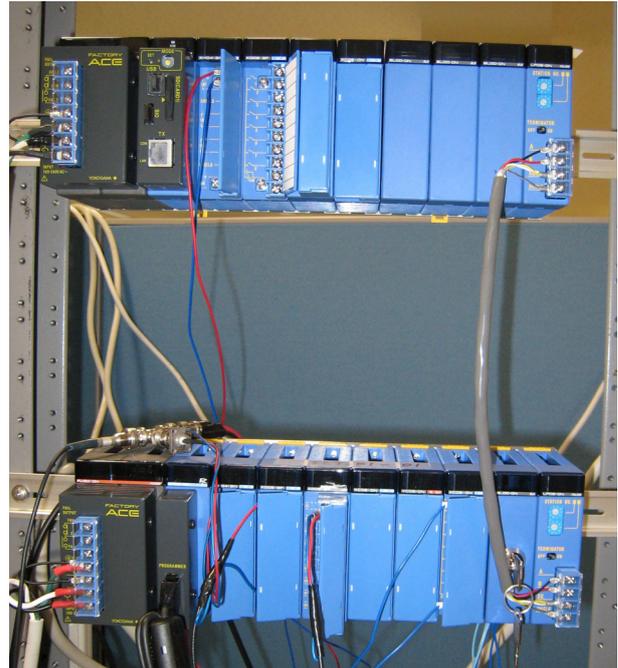


図2：上位側PLC(上)と下位側PLCをケーブルで繋ぐ(テスト時撮影)

2.3 リンクリレーを使ったデータ転送

下位側PLCから上位側PLCへの送信は、イベント駆動型であり、ポーリングは行っていない。通信方式が非同期であるため、上位側での読み落としを避けるには、ハンドシェイクによる確認が必要不可欠である。

ハンドシェイクとは図3に記すように、上位側PLCと下位側PLCの間でリンクリレーを相互に読み書きすることによって、イベントの通知、読み込み完了、等を確認し合うことである。

2.4 データ転送の速度指定

ADCからのデータの読み出しは最速25Hzであり、下位側から上位側へのデータ転送は25回分のデータを一括して1Hzで転送している。本システムに使用するFAリンクは通常モード使用した場合でも、3Hzまでならば抜け落ちることなくデータ転送が可能である。1Hzのデータ転送には十分余裕がある。

2.5 過去20分間のADCデータの記録

システム動作の健全性をモニターするため、PPS1とPPS2それぞれについて、過去20分間(25Hz運転をした場合)のADCのカウント値を上位側PLCのレジスタに記録する。フライトレコーダ式に最新20分間の値を記録する。即ち、ファイルレジスタをリングバッファとして用い、レジスタの末尾まで書き込んだ場合、先頭に戻って書き込みを続ける。

2.6 正時毎の全データの記録

オペレータに過去のトレンドを提供するため、過

去5日分正時毎に、正時リセットがかかる直前のデータを保存する。この時に保存するデータは、ADCカウントのみではなく、FAリンクで転送されるデータ全てを記録している。過去20分間のADCカウントの時と同様に、ファイルレジスタをリングバッファとして用い記録する。

入力条件		Action
L001	L002	
OFF	OFF	
↓		下位側PLCは、ADC等のデータのセットを、上位側PLCに通知する
ON	OFF	
	↓	上位側PLCは、データ読み込みの完了を、下位側PLCに通知する
ON	ON	
↓		下位側PLCは、上位側へ通知したフラグをクリアする
OFF	ON	
	↓	上位側PLCは、下位側へ通知したフラグをクリアする
OFF	OFF	

図3：リンクリレーを使ったデータ転送

2.7 時計調整

FA-M3はNTPに対応していないため、PLCの時間調整を行う必要がある。これは上位計算機からPLCへ書き込みを行わないというルール of 唯一の例外である。正時のときのみ±30秒以内の時間調整と条件を限定し、例外的に入射電荷制限用PLCが、リンクレジスタからの読み出しを行う。通常のデータ転送の時と同様に、リンクリレーを使ってハンドシェイクを行う。制御計算機上から制御アプリケーションを使って時間調整ができるようにした。

3. EPICSによるシステム状態の監視

3.1 入射制限システムを制御でモニタする利点

本システムは基本的にスタンドアロンで機能する自律的なシステムであるが、円滑なオペレーション実現のためには、上位システムに情報を開示することは不可欠である。例えば、過去のADC積算量のデータを制御システム側も記録することで、より強化されたログ機能の構築ができる。また、システムの保守管理を行う時に、制御システム側からも動作確認できるので、より確実な保守管理が期待できる。

3.2 EPICSによる入射制限システムの実装

制御側計算機がPLCから転送されるデータを

Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS)^[1]をベースとした制御システムからモニタするために、必要なアプリケーションプログラムを作成した。具体的には、入射電荷制限用のPLCの情報をモニタするランタイムデータベースである。ランタイムデータベースは、INPUT型レコードのみからなる。(例外は時計調整)

入射電荷制限用のPLCから書き込まれたデータは、FAリンクの他端にあるPLCからEPICSレコードを使って読み出され、データメモリア上に配置される。上位計算機はレコードを通じてこれらのデータを読み出し、EDMのインターフェースからモニタする。図のように、ADC積算値や積算超過時の発報状態、および過去20分間のADC変動がEDMのインターフェースから確認できる。制御側からの操作は、正時に限られる時計調整のみができるようになっている。

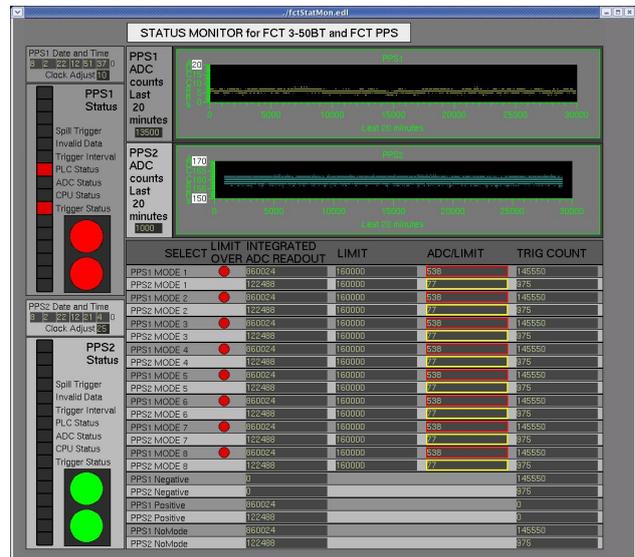


図4：EDMによる入射電荷制限制御用インターフェース

4. 結論

PPS側からの要求による安全性・信頼性、オペレーション側からの要求による自由度の高さ、双方の要求を満たすため、FA-M3のFAリンク機能を使った。FAリンク機能を使って、ネットワーク接続型・非接続型PLCを上手く組み合わせることにより、「上位制御系には、全てを見せたいが、何も触らせたくない」という、PPS側と制御側の双方の要求を満たすシステムを構築することができた。

参考文献

- [1] <http://www.fa-m3.com/jp/>
- [2] S. Motohashi, WP010 in this meeting
- [3] <http://www.aps.anl.gov/epics/>