

## J-PARC クライストロン放電現象監視システムの概要 OVERVIEW OF THE J-PARC KLYSTRON DISCHARGE MONITORING SYSTEM

溝端仁志 <sup>\*,A)</sup>, CicekErsin <sup>A)</sup>, 方志高 <sup>A)</sup>, 福井佑治 <sup>A)</sup>, ニツ川健太 <sup>A)</sup>,  
篠崎信一 <sup>B)</sup>, 中野秀仁 <sup>B)</sup>, 不破康裕 <sup>B)</sup>, 岩間悠平 <sup>C)</sup>, 佐藤福克 <sup>C)</sup>  
Satoshi Mizobata <sup>\*,A)</sup>, Ersin Cicek <sup>A)</sup>, Zhigao Fang <sup>A)</sup>, Yuji Fukui <sup>A)</sup>, Kenta Futatsukawa <sup>A)</sup>,  
Shinichi Shinozaki <sup>B)</sup>, Hideto Nakano <sup>B)</sup>, Yasuhiro Fuwa <sup>B)</sup>, Yuhei Iwama <sup>C)</sup>, Yoshikatsu Sato <sup>C)</sup>  
<sup>A)</sup>High Energy Accelerator Research Organization  
<sup>B)</sup>Japan Atomic Energy Agency <sup>C)</sup>NAT Co.,Ltd.

### Abstract

In J-PARC linac, 45 klystrons are used to excite the accelerating cavity. We take long time when we exchange klystron. So unplanned exchanging klystron affects the operation time of accelerator. Main cause of failure klystron is discharge. But we have confirmed that some klystron discharge without affecting the operation of accelerator. We think that monitoring and research about discharge phenomenon at klystron, we can predict lifespan of klystron. We can exchange klystron at time of maintenance if we find klystron about to break down. This affects decreasing the down time of accelerator.

### 1. はじめに

J-PARC リニアックでは 45 台のクライストロンを使用している [1]。J-PARC 運転初期より使用しているクライストロンは、運転時間が 90,000 時間に到達しようとしている。

Figure 1 にクライストロンの電子銃部を示す。これまでの運転実績ではアノード-ボディ間での放電(耐圧劣化が原因と推測)が交換事由の最大要因である。クライストロンの交換には至らないが、運転時に放電しているクライストロンが数台ある。クライストロンの交換には時間がかかる為、クライストロンの放電現象を監視することは交換時期が近づいているクライストロンを抽出し加速器運転時間を延ばすために重要と考えている。

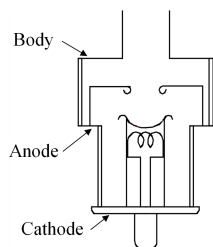


Figure 1: Electron gun section of klystron.

### 2. 現在の放電監視システムの概要

現在の放電監視システムはスパイク検出モジュール、オシロスコープと PC を組み合わせて実現している。Figure 2 に放電監視システムのブロック図を示す。クライストロンのアノードで放電が発生するとビーム電流が瞬間的に大きくなる。スパイク検出モジュールには 2 つのトリガ信号とビーム電流モニタ信号を入力している。Figure 3 に示すようにスパイク検出モジュールは

つのトリガ信号間でビーム電流モニタ信号が閾値を超えた回数を記録し、オシロスコープにトリガを出力する。PC ではオシロスコープの状態監視と画像データの保存をしている。

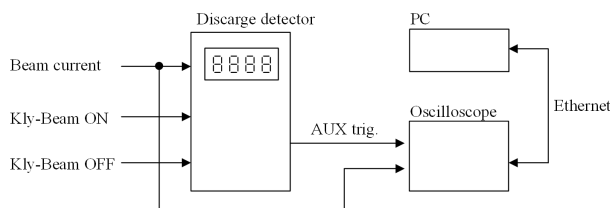


Figure 2: Block diagram of discharge monitoring system.

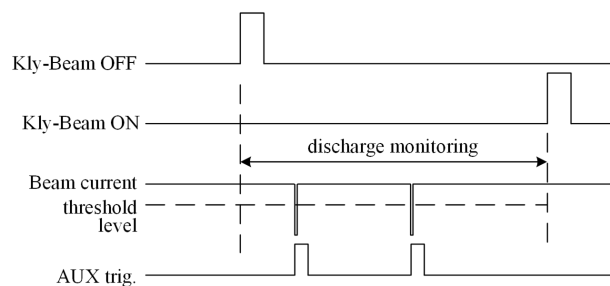


Figure 3: Timing diagram of the spike detection module.

### 3. 放電監視システムの問題点と改善策

#### 3.1 システムの問題点

現在の放電監視システムでは何点が問題点がある。1 つ目はビーム電流モニタ信号の閾値を 1 台のクライストロンに対して 1 つしか設定できないことである。J-PARC リニアックのクライストロンはパルス動作している。ビーム電流はパルスの状態によって大きく異なるため、閾値は 2 つある方が望ましい。現在は監視可能な時間を多くするためにパルスオフの期間を監視するように構成している。

\* mizobata@post.kek.jp

2つ目は遠隔で放電回数を把握できないことである。スパイク検出モジュールは4台のクライストロンでの放電を監視することができるが、接続しているオシロスコープは1台しかない。そのため、オシロスコープの画像数だけではどのクライストロンがどれだけ放電しているのかは把握できない。また、PCからオシロスコープの状態を一定時間ごとに監視しているが、放電の頻度が多くなると監視が間に合わなくなっている。放電が頻発しているクライストロンのビーム電流波形を Fig. 4 に示す。スパイク検出モジュールの表示は検知数を正しく表示できているため、現在は定期的にスパイク検出モジュールの表示を目視確認して対応している。

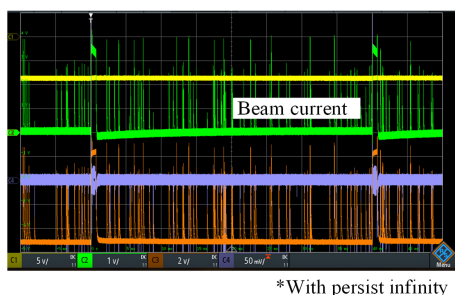


Figure 4: Waveform during discharge.

### 3.2 改善策 1

放電回数を遠隔で確認するために、岩崎通信機株式会社の「計器読む像」の導入を検討している。本ソフトウェアは USB カメラやネットワークカメラでメータの値を読み取ることができる。Figure 5 に本ソフトウェアを使用したブロック図を示す。本ソフトウェアは読み取った数値情報をファイルに出力する機能も備えている。

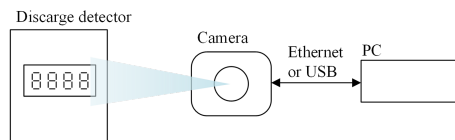


Figure 5: Diagram of keiki-yomuzo.

### 3.3 改善策 2

新しく FPGA と ADC を使用したモニタシステムの構築を検討している。Figure 6 に新モニタシステムのブロック図を示す。本システムは仕組み的にはスパイク検出モジュールと同じだが以下の点で前に述べた問題点が解決できると期待している。

- ビーム電流を ADC で測定し FPGA で処理することにより閾値を2つ以上にする
- FPGA 内のデータを EPICS を通じて取得することで遠隔での放電回数を監視する

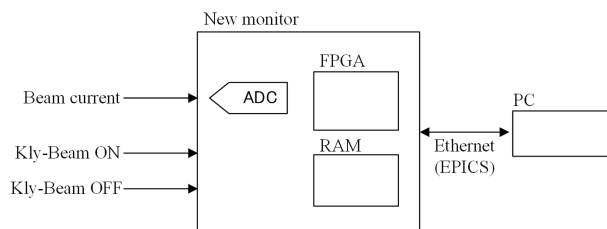


Figure 6: Diagram of new monitoring system.

## 4. まとめと今後の展望

現在、J-PARC リニアックで使用しているクライストロンの放電監視システムの概要について紹介した。また、遠隔から放電回数を監視できないなどの問題点と検討している改善策を挙げた。

今後は改善策 1 で述べたソフトウェアとカメラの導入で遠隔での放電回数の監視を実施する。また、それと並行して改善策 2 で述べたモニタシステムの試作と機能の検証を進めていく。将来的にはビーム電流以外のクライストロンの信号も取込むモニタシステムの構築を目指す。

## 参考文献

- [1] High-intensity Proton Accelerator Project Team, “ACCELERATOR TECHNICAL DESIGN REPORT FOR HIGH-INTENSITY PROTON ACCELERATOR FACILITY PROJECT, J-PARC”, JAERI-Tech 2003-044, KEK Report 2002-13.