

## 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>, 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>, 平根達也<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>, Zhigao Fang<sup>A)</sup>, Yuji Fukui<sup>A)</sup>, Kenta Futatsukawa<sup>A)</sup>, Shinichi Shinozaki<sup>B)</sup>, Tatsuya Hirane<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> Nippon Advanced Technology Co.,Ltd.

#### Abstract

In J-PARC linac, 45 klystrons (324MHz and 972MHz) 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324MHzのクライストロン20台、972MHzのクライストロン25台の計45台のクライストロンを用いて加速器を運転している[1]。クライストロンの交換には数時間かかり、突発的なクライストロンの故障は加速器の運転時間に及ぼす。クライストロンの故障原因は高電圧印加時のクライストロンでの放電が多く占める。しかし、加速器の運転に影響を及ぼしてはいないが放電するクライストロンもいくつか確認されている。この加速器の運転に影響を及ぼさない放電現象を監視・調査することでクライストロンの寿命を予測し、寿命が近づいたクライストロンを交換することで加速器の運転停止時間の低減に寄与できる。

#### 2. クライストロン放電現象監視システム

##### 2.1 クライストロン放電検出部

クライストロン放電の検出にスパイク検出モジュールを使用している。スパイク検出モジュールは入力信号が設定された閾値を超えた場合にスパイク発生と感知し、その数をディスプレイに表示するとともに TTL 信号を出力する。J-PARCリニアックでは1台のクライストロン高圧電源に4本のクライストロンを接続して運用している。そのため、スパイク検出モジュールは上述の回路を4回路備えている。入力信号はクライストロンのビーム電流モニタ信号を接続する。クライストロンのビーム電流は変調トリガー(KLY-BEAM ON および KLY-BEAM OFF)により変化するため、スパイク検出モジュールで KLY-BEAM OFF から KLY-BEAM ON までの間監視する。スパイク検出モジュールのタイミング図を Fig. 1 に示す。Trig.A に KLY-BEAM OFF、Trig.B に KLY-BEAM ON 信号を入力した。

##### 2.2 データ収集系

データの収集系はオシロスコープとそのオシロスコープを監視、制御するソフトウェアで構成される。スパイク検出モジュールのモニタ出力をオシロスコープの各チャンネルに入力し、スパイク検出モジュールの TTL 出力をオシロスコープの AUX IN に入力する。

ソフトウェアは設定された時間ごとに対象オシロスコープの状態を確認し、トリガーのストップ状態を検知するとオシロスコープの画面データを保存しシングルトリガーを再度設定する。

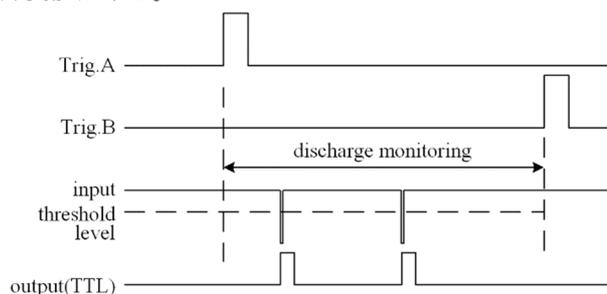


Figure 1: Timing diagram of spike detect module.

#### 3. クライストロンビーム電流波形

Figure 2 に通常時のクライストロンビーム電流波形を示す。Ch1 から 4 は ACS05 から ACS08 のそれぞれのビーム電流に対応する。電流モニタの出力は 10A/V なのでそれぞれのクライストロンビーム電流は約 44A であることがわかる。また、ビーム電流の間隔が 40ms であるのでクライストロンが 25Hz で運転されていることもわかる。

Figure 3 にクライストロンで放電が発生したときのビーム電流波形を示す。KLY-BEAM ON していないときに SDTL02 のクライストロンビーム電流が流れており、放電していることが確認できる。SDTL02 の放電時に SDTL03、

<sup>#</sup> mizobata@post.kek.jp

SDTL04 のビーム電流にも反応があることも確認できる。このビーム電流の反応は測定系に SDTL02 の放電によるノイズが混入していると考えており、今後調査を進めていく。

SDTL02 のクライストロンで放電が発生しているが、放電は約 180 $\mu$ sec で収まっており、加速器は問題なく運転できている。KLY-BEAM ON しているときに放電が発生するとクライストロンの出力電力が大きくなり、加速空洞に対して過大入力してしまうため、MPS が発報し加速器の運転が停止する。リニアックでは KLY-BEAM ON しているときの放電回数が多くなり加速器の運転継続が難しくなるとクライストロンの寿命と判断しクライストロンを交換している。

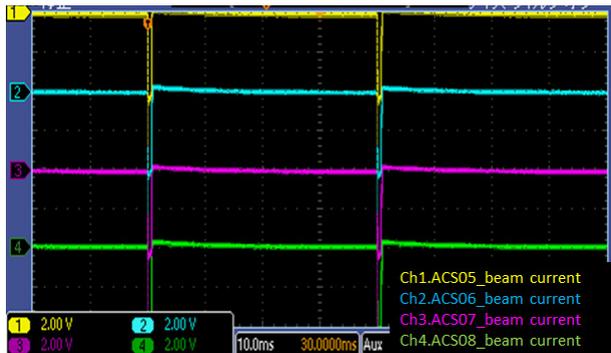


Figure 2: Typical beam current waveform of klystron.

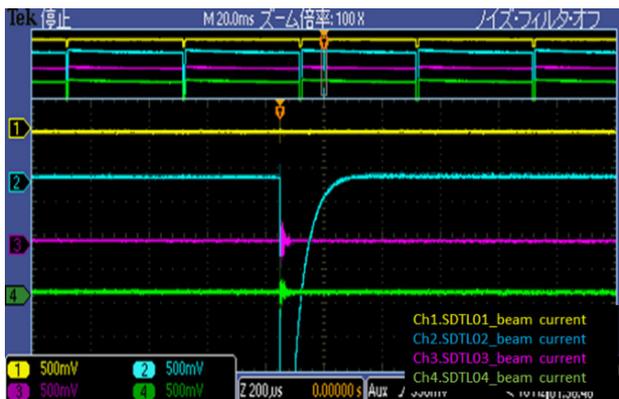


Figure 3: Beam current waveform when klystron is discharging.

#### 4. 今後の展望

現在のシステムでは放電が発生したとき、放電が発生していないクライストロンでも放電が発生したと誤検出している。誤検出の原因となっているノイズの低減方法を今後検討する。また、監視対象をクライストロンのビーム電流ではなく、絶縁劣化していると考えているクライストロンの M-アノード電圧にして誤検出の頻度に変化があるか確認していく。

現在の放電監視システムが稼働してから放電の多発によりクライストロンを 1 度交換した。交換したクライストロンは加速器の運転に影響を与えない放電も発生していなかったが、急に放電が発生して寿命を迎えた。今後、データの蓄積を進めていき放電波形とクライストロンの寿命との関係を調査する。

#### 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, KEKReport2002-13.