

J-PARC クライストロン用高圧電源のコンデンサバンク監視装置の概要

OVERVIEW OF CAPACITOR BANK MONITORING SYSTEM FOR HIGH VOLTAGE SUPPLY FOR J-PARC KLYSTRON

溝端仁志 ^{*A)}、CicekErsin^{A)}、方志高 ^{A)}、福井佑治 ^{A)}、二ツ川健太 ^{A)}、
小野礼人 ^{B)}、篠崎信一 ^{B)}、高柳智弘 ^{B)}、不破康裕 ^{B)}、岩間悠平 ^{C)}、佐藤福克 ^{C)}

Satoshi Mizobata^{*A)}, Ersin Cicek^{A)}, Zhigao Fang^{A)}, Yuji Fukui^{A)}, Kenta Futatsukawa^{A)},
Ayato Ono^{B)}, Shinichi Shinozaki^{B)}, Tomohiro Takayanagi^{B)}, Yasuhiro Fuwa^{B)}, Yuhei Iwama^{C)}, Yoshikatsu Sato^{C)}

^{A)}High Energy Accelerator Research Organization

^{B)}Japan Atomic Energy Agency

^{C)}NAT Co.,Ltd.

Abstract

In J-PARC linac, 45 klystrons (324 MHz and 972 MHz) are used to excite the accelerating cavity. We use 12 High voltage sources for driving klystrons. High voltage source have capacitor bank. Some capacitances exceed design life, we are in the process of updating. But we used capacitances exceed design life, because we can't replace them in time. A failure of the capacitor may cause the accelerator to stop operating for a long period of time. It is necessary to detect the sign of capacitor failure at an early stage in order to minimize the stoppage of operation. we introduce the overview of the capacitor bank monitoring device.

1. はじめに

J-PARC リニアックではクライストロン 45 台を用いて加速器の運転が行われている [1]。クライストロンの駆動には 12 台の高圧電源を用いている。高圧電源の構成機器にコンデンサバンクがある。設計寿命を超えるコンデンサがあり、コンデンサバンクの交換作業を進めている。交換が間に合わず、設計寿命を超えるコンデンサを使用している箇所もある。コンデンサの故障により、長期間の加速器運転停止を引き起こす可能性がある。運転停止を最小限にするためにコンデンサ故障の予兆を早期に感知する必要がある。

2. コンデンサバンクの概要

コンデンサバンクの外観を Fig. 1、諸元を Table 1 に示す。6 号機以外のコンデンサバンクは 8 並列 2 直列で構成されていて、上下 2 段の構造となっている。これは 1 台のコンデンサの定格電圧は高圧電源の出力電圧より低いためである。リニアック建設当時から使用されているものもあり、コンデンサの老朽化が進んでいる。2019 年にコンデンサバンク 3 号機のコンデンサから油の漏出が判明した。油の漏出部分を塞ぐ処置をしたが、コンデンサから漏出した油の総量はわからなかった。油が漏出したコンデンサの健全性も分からないため、当該コンデンサの使用を中止しコンデンサバンクから切り離す処置をした。その結果、コンデンサバンクの構成は 8 並列 2 直列から、7 並列 2 直列になった。2020 年にコンデンサバンク 3 号機のコンデンサを全て新品に交換した。

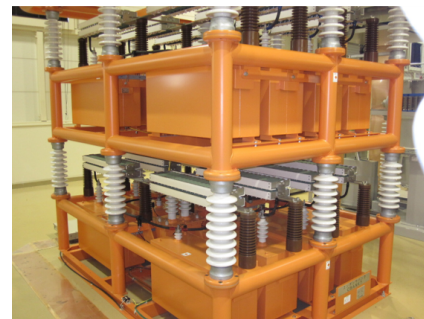


Figure 1: Appearance of C-bank.

3. コンデンサ監視システム

3.1 コンデンサケースの膨張監視

コンデンサ内で絶縁破壊が発生すると、コンデンサに過電流が流れるようになる。過電流により、コンデンサの素子が焼損および発熱することによりコンデンサの絶縁油が分解・ガス化してコンデンサケース内の内圧が上昇する。コンデンサケース内の圧力上昇により、コンデンサケースが膨張する。監視するコンデンサは高電位のため非接触でケースの膨張の有無を測定する必要がある。このコンデンサケースの膨張の有無をレーザ変位センサを用いて監視する。

3.2 コンデンサケースの温度監視

平常時でも周囲温度やコンデンサの内部温度によりコンデンサケースは膨張している。平常時と異常時のコンデンサ状態を区別するためにコンデンサの温度も同時に測定する必要がある。前記の通りコンデンサケースは高電位のため、温度を測定するとき

* mizobata@post.kek.jp

Table 1: Overview of C-bank

#	1	2	3	4~5	6	7~11	12
Capacitance of c-bank	25.5 μ F	19.2 μ F	28.8 μ F	25.5 μ F	12.9 μ F	28.8 μ F	26.5 μ F
Rated voltage	-110 kV				-80 kV	-110 kV	
Composition	8 parallels, 2 series				6 parallels	8 parallels, 2 series	
Year of manufacture	about 2000		2020	about 2000	2003	2010	2001

も非接触で測定する必要がある。コンデンサの温度を放射温度センサーを用いて測定する。

3.3 データ収集系

データ収集系の図を Fig. 2 に示す。レーザ変位計、放射温度センサーの出力を PLC(Programmable Logic Controller) のアナログ入力モジュールを介して EPICS にデータを送る。それぞれのデータはアーカイバに保存され、いつでも参照が可能である。アーカイバに保存されたある日の 24 時間のデータ例を Fig. 3 に示す。コンデンサ温度の変化量は 0.7°C 、コンデンサケースの変位量は 0.8 mm であった。

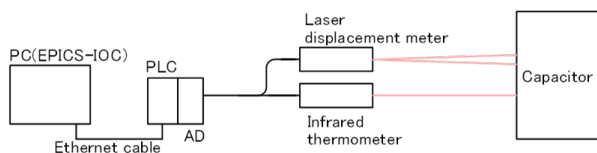


Figure 2: Conceptual diagram of data acquisition.

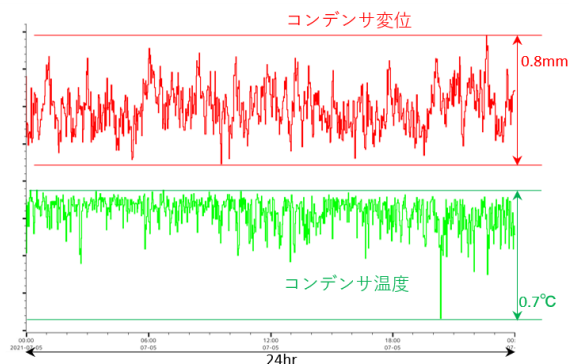


Figure 3: Measurement data.

3.4 コンデンサケースの温度監視の問題点

コンデンサケース温度の測定に使用している放射温度センサーは 1 点のみの温度を測定している。そのため、測定点以外で異常な温度上昇があった場合、異常が検知されるまで時間がかかってしまう。この問題点を解決するために温度分布を表示できるサーモカメラを併用する。本サーモカメラを使用したプログラムでは PC 上で指定した範囲内の最大温度を表示できるようになる。Figure 4 にプログラムの実行

画面を示す。また、現在は未使用ながら測定された温度が設定値以上になると接点信号を出力できる機能もある。

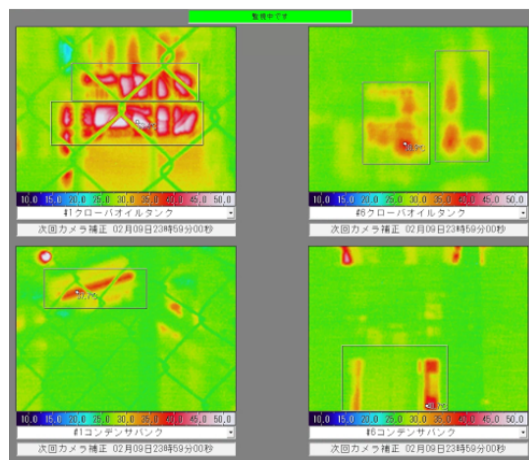


Figure 4: Image of thermo camera.

4. 今後の展望

老朽化が進んでいるコンデンサバンクの更新を今後も進めていく。また、今回紹介したシステムで測定したデータを基にコンデンサの変位、温度が設定値を超えた時に注意喚起ができるようにシステムを更新していく。さらに、機器の追加をしていき監視体制の強化を図っていく。

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.