

IQ モジュレータによる位相検出器の校正測定 CALIBRATION OF PHASE DETECTOR USING IQ MODULATOR.

宮尾智章^{#, A)}, 三浦昭彦^{B)}, 川根祐輔^{B)}, 大内伸夫^{B)}
Tomoaki Miyao^{#, A)}, Akihiko Miura^{B)}, Yusuke Kawane^{B)}, Nobuo Ouchi^{B)}

A) KEK, J-PARC

B) JAEA

Abstract

The beam energy of the J-PARC Linac is calculated by TOF (Time-of-Flight) method with the flight distance and beam phases at the two of measurement points. Because the accuracy of the beam energy measurement is directly depending on the errors in the phase measurement system, all 111 beam phase monitors are calibrated annually. Here, we adopted a calibration method using the IQ modulator as a method for carrying out more simply and accurately, calibration of the phase detection circuit is provided to the phase detection system. In the calibration, we have used the trombone circuit for the adjustment of the reference frequency, but it is thought that the procedure using an IQ modulator is more simple and accurate, and it reduces the time for the calibration. We describe the procedure of the phase detection system and the method of energy calculation. In addition, the general descriptions of the IQ modulation specification and its performances are introduced.

1. はじめに

J-PARC リニアックのビームエネルギーは計測したビーム位相とその飛行距離を用いた TOF(Time-of-Flight)法を用いて計算している。我々はビームエネルギーを計算するために、位相モニタ(FCT: Fast Current Transformer)を 111 台使用しているが、毎年位相検出システムの校正をエネルギー測定の精度を上げるために行っている。Figure1 に FCT の位相検出の系統図を示す。FCT 位相システムの校正は、FCT 本体、バンドパスフィルタと位相検出器を含めたケーブル位相、位相調整器本体、位相検出器本体に対してそれぞれ行われる。本稿では新たに、校正用の位相調整器を使用しない IQ モジュレータを用いて、位相検出器の試験的な校正を行った。

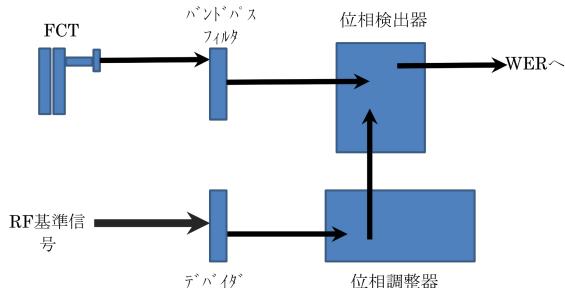


Figure 1: Diagram of FCT signal processing.

位相検出器

位相検出器は RF の基準信号と FCT からの出力信号を入力し、2 つの信号の位相差に応じて出力される信号を測定する電子回路である。Figure 2 に位相検出器のブロックダイアグラムを示す。FCT からの出力信号と RF 基準信号を 324MHz の加速周波数か

[#]tomoaki.miyao@j-parc.jp

ら位相情報を維持しながら、線形な位相検出が可能な 100MHz 前後の中間周波数に変換している。変換されたそれぞれの信号は増幅された後、位相比較をすることで、2 つの信号の位相差に応じて変調された方形波が得られ、積分回路を通すことで、直流電圧信号に変換される仕組みになっている。位相検出の精度を上げるために、位相検出範囲を 0° から 720° とし、両端を除く 360° の範囲で位相検出を行っている。また、最適位相値を検出するために、180° の位相反転構造も含まれている。

位相検出器は各々個性を持っており、位相検出器の換算係数(単位は V/deg)、位相検出器のオフセット電圧、位相反転時の位相を考慮に入れている。

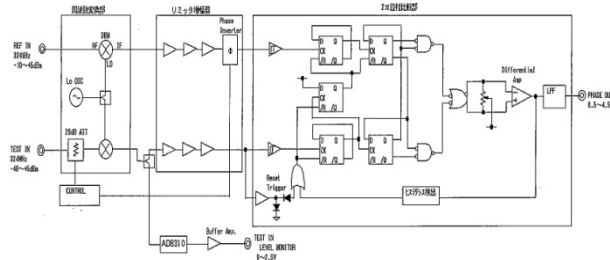


Figure 2: The block diagram of phase detector.

2. IQ モジュレータ

2.1 IQ モジュレータの構成

位相検出器の校正を正確かつ簡便にするために、IQ モジュレータの採用を検討している。IQ は信号の同相位相 I (In-phase)と直交位相 Q(Quadrature)に分けられ、主にデジタル変調では一般的に用いられている。本機器の仕様は J-PARC リニアックの加速周波数 324MHz の IQ 変調器(キャンドックス製 CDX-JPC002)を用いている。Figure3 に IQ 変調器の

2.4 IQ モジュレータを使用した校正

Figure7 に IQ モジュレータを用いた位相検出器の校正図を示す。ネットワークアナライザからの RF 信号を IQ モジュレータで自動制御を行うことで異なる位相の RF 信号を作成し、位相検出器の校正を行うことができる。Figure8 は IQ モジュレータを使用したときの校正結果を示す。位相調整器を使用したときと同じ結果が示され、効率的かつ、正確に校正を行うことができた。今後は Visual Basic を用いた制御プログラムを作成して、自動的に位相検出器の校正測定を行いたい。

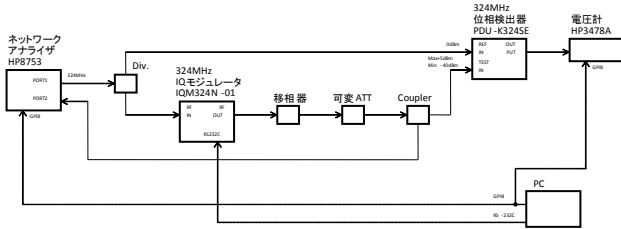


Figure 7: Calibration of Phase Detector using IQ modulator.

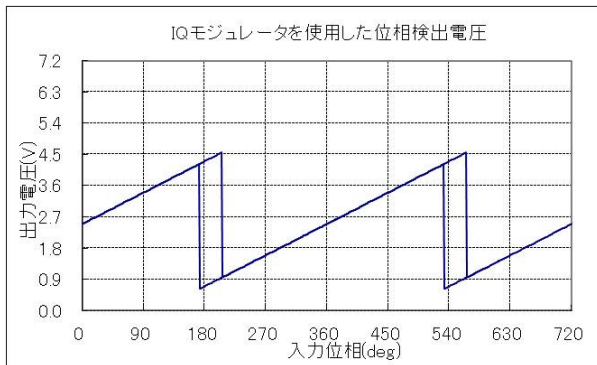


Figure8: Diagram of calibration of the phase detector using IQ modulator.

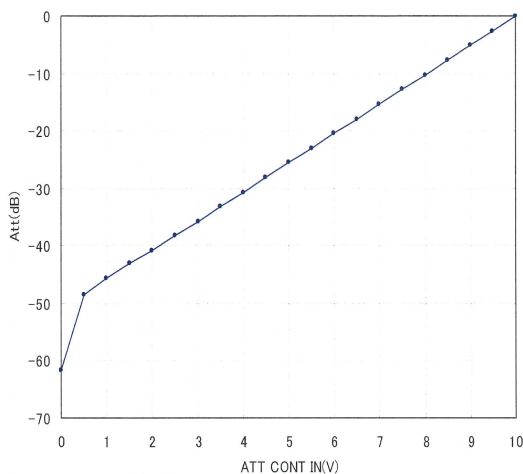


Figure 9: Amplitude of the IQ modulator at Control.

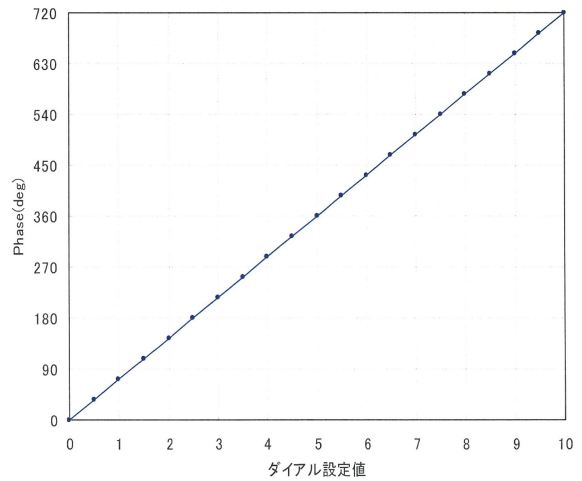


Figure 10: Phase of the IQ modulator at Control.

Figure9,10 は IQ モジュレータのダイヤルを回した時の振幅と位相の測定レンジを表している。振幅は-51.2dB~0dB、位相は $0^{\circ} \sim 720^{\circ}$ まで測定できる。プログラム制御、ローカルで実施しても特に問題は見られなかった。これにより、位相調整器のダイヤルで位相差の信号を使用しての測定と比較して、より簡単に測定できるものと考えている。

3. 今後の予定

位相検出器の校正を行うため、IQ モジュレータを製作し、位相検出器の測定を行った。実際の FCT の測定系について効率的かつ正確な校正を行うよう使用していきたい。

4. まとめ

FCT の定期的な校正をより効率的かつ正確にするため、IQ モジュレータを製作した。これにより、位相検出器のパラメータを正確かつ、簡便に測定を行い、ビームエネルギーの計算の精度を上げていきたい。

参考文献

- [1] T. Miyao, et al., "BEAM MONITORING SYSTEM FOR RFQ TEST STAND OF J-PARC LINAC", Proc. of PASJ2013.