

[P 30–22]

TRIGGER SYSTEM OF THE KEKB LINAC

Urano T., Kobayashi H. and Nakahara K.

Photon Factory, KEK

Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

ABSTRACT

KEKB linac requires a very precise timing control for stable injection. A new trigger system is designed; this system gives triggers well synchronized with both the linac rf and the KEKB ring rf. The new system including timing monitoring is presented with test results of trigger transmission and jitter measurements on delay modules.

KEKB入射器のトリガー系

1. 入射器トリガー系の概要

KEKBでは、シンクロトロン振動を抑えるために、ライナックの単バンチビームをリングのバケット中心から30 ps以内に入射することが求めら

れており、これを実現するには、ライナックとリングの加速周波数が共通のサブハーモニクスを持つようにする必要がある。ライナックの加速周波数2856 MHz、リングの加速周波数をトリスタンの

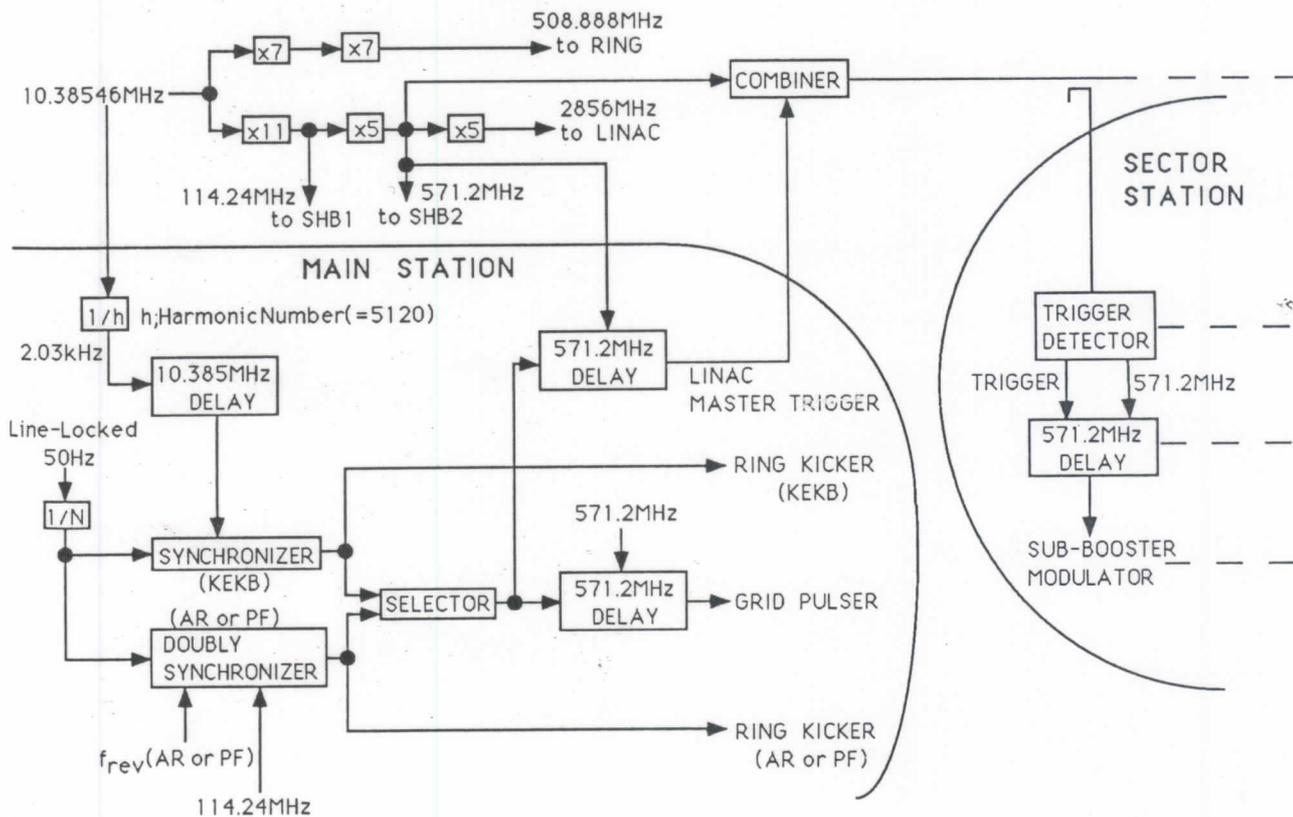


図1 入射器トリガー系のブロック図

RF資産を活用するために 508.58 ± 0.3 MHzとして採した結果、 10.38546 MHzを共通のサブハーモニクスとして、前者はその275倍、後者は49倍とする方式を採用した。ライナックのサブハーモニクバンチングの周波数としては、 114.24 MHzと 571.2 MHzを採ることとなった。¹⁾

この結果、ライナックのトリガー系としては 10.38546 MHzに良く同期したトリガーをビームトリガーとして供給することが必要である。この同期が十分な高精度であれば、使用するすべての周波数についてもよく同期することになる。

さらに、ライナックで用いる高周波パルス圧縮装置のためのRF位相反転器は、数 ns 刻みでタイミングを変えられる時間精度の良い位相反転トリガーを必要とする。しかも最長 320 mの距離を伝送した先で、十分な時間精度を確保する必要がある。これを実現するために、ビームトリガーより早い同期トリガーと、遅延クロックとしての 571.2 MHzとを重ねて位相反転器の近くまで伝送し、セクターステーションでこのクロックを用いて同期トリガーを遅延させる方式を採用した。

図1に入射器トリガー系のブロック図を示す。ライナックとしては、KEKB完成後も放射光貯蔵リング(PF)やトリスタン蓄積リング(AR)への入射が必要であるが、その際それぞれのリングの加速周波数はKEKBとは独立のものである。そのため、トリガー系のうち同期化回路についてはKEKB用のものは使用できず、独立に用意する必要がある。ここでは、リングの旋回周波数とライナックのサブハーモニクバンチング周波数の双方に同期させる必要があることから、二重同期化回路を使用する予定である。²⁾

2. クロックに重畳したトリガーの伝送試験

既設の 320 m同軸ケーブルと 476 MHz用方向性結合器を用いて、クロックに重畳したトリガーの伝送試験を行なった。伝送試験のブロック図を図2に示す。 476 MHzを312分周したクロックに同期させたトリガー信号で、 476 MHzの半周期ほどの狭いパルスを発生させ、それを 476 MHzと合成器で合成する。合成信号を 320 m伝送させた後、方向性結合器から取り出し、オシロスコープで観測した。伝送系全体での入力信号に対する出力信号の減衰比は、約 23 dBである。

図3に伝送前後の合成信号波形を示す。伝送後

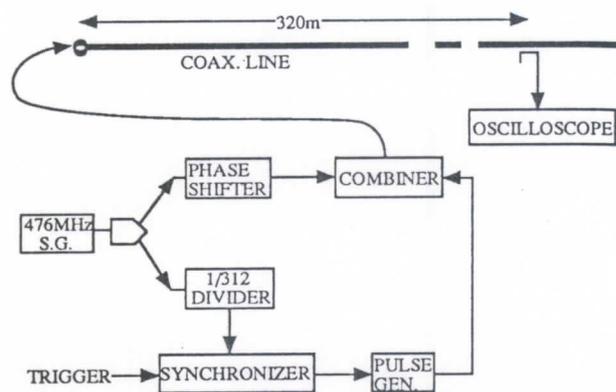


図2 トリガー重畳クロック信号伝送試験のブロック図。

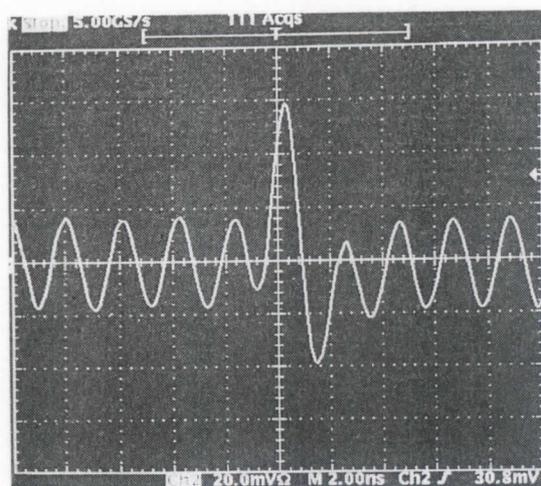
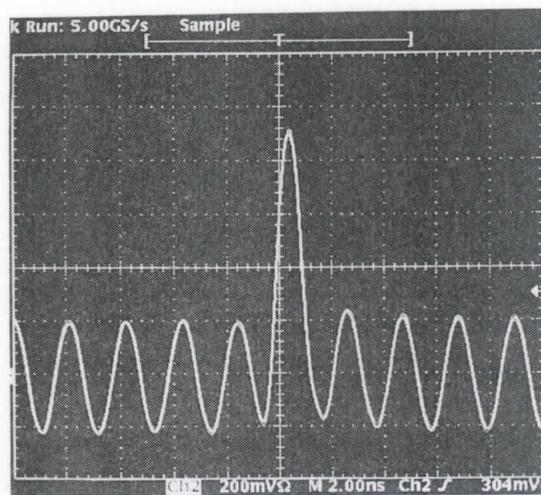


図3 トリガーを重畳したクロック信号。
(上) 伝送前、(下) 伝送後。

直流成分は消えているが、クロックに重ねたトリガー信号は、クロックに対して十分な大きさを持って伝わっている。

571.2 MHz クロックと同期トリガーについても、同じ方向性結合器で伝送可能であることも確認された。伝送された合成信号からトリガー信号とクロック信号とを分離するには、速いトリガー回路と帯域制限フィルターを使用する。

実際の運転では、対ノイズ性を考慮して、更に電圧を上げたトリガー信号とクロック信号を使用する予定である。

3. デジタル遅延回路の性能

伝送後のトリガー信号をクロックを用いて遅延させるには、CAMACのデジタル遅延回路を使用する予定である。これはトリスタン加速器で使用したCAMACモジュールの使用クロック周波数を上げて、性能を向上させたものである。

図4にこのデジタル遅延回路試作品の出力ジッターを示す。測定は、上記のトリガー重畳信号の伝送試験に用いたのと同じ合成前トリガーを、遅延回路スタート信号とし、クロックを用いて内部で遅延させた出力信号とクロックとのジッターを測定した。遅延回路出力信号をサンプリングオシロスコープのトリガーとし、クロック信号を観測したものである。クロックとしては、周波数に余裕があることを確認するため、581.2 MHzを使用

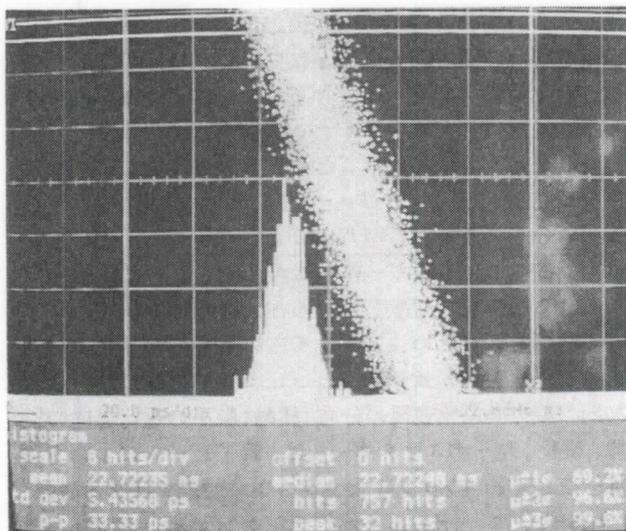


図4 デジタル遅延回路のジッター

した。測定されたジッターは、標準偏差で 5.4 ps で、遅延回路としては十分な性能を示した。試作した数台についての測定では、ジッターの標準偏差は 5.5 ± 0.3 ps の範囲に収まった。

4. トリガー系のモニタリングと制御

ライナックの運転効率を高めるためには、トリガー系としてはシステムが正常に動作しているかどうかを常時監視することが重要である。そのためにトリガー系の各ステーションで、トリガー出力のタイミングが設定値通りであるかどうかを自動的にモニターする予定である。

タイミング制御に使用するデジタル遅延回路で用いるクロックは 571.2 MHz であるから、タイミングモニターの分解能としてはクロックの一周期である 1.8 ns より小さい事が要求される。市販のCAMACモジュールに、時間分解能 1 ns、32チャンネル入力のTDC（時間/デジタル変換器）があり、これを使用する予定で作業を進めている。

トリガー系の制御については、上に述べたデジタル遅延回路やTDC等のCAMACモジュールを、Ethernetから直接制御するクレート・コントローラで制御し、Ethernetに接続されたワーク・ステーションで統括する予定である。図5にトリガー系制御ネットワークのブロック図を示す。

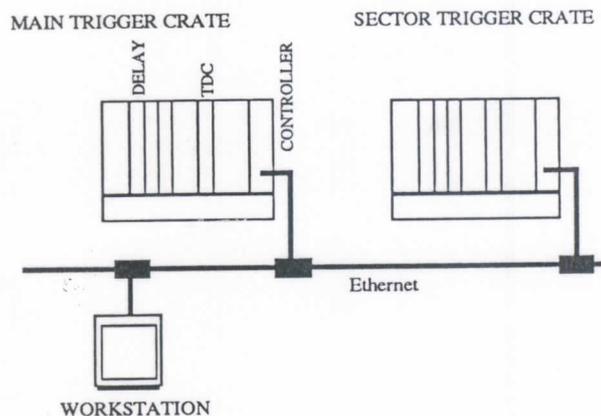


図5 トリガー系制御ネットワーク

参考文献

- 1) S.Ohsawa et al. : Proc. 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, Osaka, 1995, p. 103.
- 2) T.Urano et al. : Nucl. Instr. and Meth. A327 (1993) 529.