

Low Jitter Timing System for SPring-8 Linac

T. Asaka, H. Abe, H. Akimoto, T. Hori, Y. Ishikawa*, Y. Ito, A. Kuba,
A. Mizuno, S. Nagasawa, T. Ohnishi, H. Sakaki, S. Suzuki, T. Taniuchi,
M. Yamazaki, K. Yanagida, H. Yoshikawa and H. Yokomizo

Japan Synchrotron Radiation Research Institute
SPring-8, Kamigori, Ako-gun, Hyogo, 678-12 Japan.

*Mitsubishi Electric Corporation Communications Equipment Works
8-1-1, Tsukaguchi, Honmachi, Amagasaki-city, Hyogo, 661 Japan.

Abstract

The timing system of the 1GeV injector linac for SPring-8 is installed stable and low jitter circuit which is synchronized 508.58MHz of operating frequency for the booster synchrotron and storage ring. Since the timing jitter of trigger signal of less than 30psec (FWHM) is required to inject the 2nsec rf bucket of the booster synchrotron and storage ring in single bunch beam operation, the gun trigger system and transfer line must be used the passive circuit, the fast rf amplifier, the optical fiber cable and the E/O, O/E transmitter and receiver which have low jitter and low temperature dependence. In order to synchronize 508.58MHz of rf frequency for the booster synchrotron and storage ring with the repetition rate of 60Hz for the 16 klystron modulators and 1Hz of trigger for the gun pulser, the timing system is adopt both of the 508.58MHz preset counter and the two coincidence modules. In this paper, we describe the timing system and test results of trigger transmission and jitter measurement on gun trigger line.

SPring-8 線型加速器における低ジッタータイミングシステム

1. はじめに

1GeV 線型加速器、8GeV シンクロトロン、8GeV 蓄積リングの3つの加速器で構成されている大型放射光施設 SPring-8 でのビームコミッショニングは終了段階にはいり、共用運転開始に向けた最終調整が行われている。ビームコミッショニング並びに共用運転の際、線型加速器には 1 μ sec、10~40nsec、1nsec の3つのビームパルス幅の生成、加速が要求されており、電子銃グリッド駆動用パルサーを交換することでビームパルス幅の変更を行っている。パルサーへのトリガー信号は入射系制御室内にあるタイミングシステムから光ファイバーケーブルにより伝送され、電気信号に変換後入力される。

入射系タイミングシステムは線型加速器単独運転とシンクロトロン同期運転の2つのモードを設定していることからビームトリガー信号には商用 60Hz の分周で得られる信号とシンクロトロンの基本周波数である 508.58MHz と同期した 1Hz の信号の2つが用意されている。このビームトリガー信号は選択回路により切り換えられ、ビームスイッチを含むインターロック回路、ビームモニターのための分配器、レベル変換器を経て 500m の高位相安定光ファイバーケーブルにより電子銃高圧ステージへ伝送される。

長時間にわたるシンクロトロンへのビーム入射に対して各モジュール及び伝送線路の位相、信号レベルの変動が入射効率及び安定性に直接影響するため、信号処理回路から伝送線路に至るまで、各モジュールの特性調査、調整が必要である。また将来行われる予定の単バンチ運転 (1nsec) においてはシンクロトロンの rf バケット (2nsec) への入射の際、時間ジッターが 30psec (FWHM) 以下まで抑制することが要求されている⁽¹⁾。以上の要請を請けて、電子銃トリガー選択回路からインターロック回路及びレベル変換器、伝送線路を介した場合の各部の時間ジッターの測定を行った。本稿ではタイミングシステムの構成と上に述べたジッターの測定方法及び結果について述べる。

2. タイミングシステム構成

線型加速器におけるビームトリガー信号の選択は商用 60Hz を分周することで得られる 1Hz、2Hz、5Hz、10Hz、30Hz の単独運転モードと 508.58MHz と同期のとれた 1Hz を使用するシンクロトロン同期運転モードを設定している。このことから線型加速器のタイミングシステムはシンクロトロン及び蓄積リングのタイミングシステムと独立に構築されており、2つのモード選択は入射

系タイミングシステムにある電子銃トリガー選択回路で切り分けられる。

シンクロトロン同期運転時のタイミングシステムは電子銃トリガー伝送システムとモジュレータトリガー分配システムの2系統から構成されており、それぞれに対してシンクロトロンガントリガー、シンクロトロンプリトリガーと称する電子銃のグリッド駆動用トリガー信号とクライストロンモジュレーター電源動作用トリガー信号が用意されている。各々のトリガー信号はシンクロトロンの基本周波数である 508.58MHz を 30bit 高速カウンター (DIGITEX) により得られる 1Hz のビームトリガー信号、クライストロンモジュレーター電源の繰り返しである 60Hz に対する 1Hz のリセット信号を発生する。また線型加速器のクライストロンや電磁石などの大電力装置との電源同期をとることが安定したビーム運転に寄与することから、それぞれのトリガー信号は図 2-1 に示すような 2 段階の AND 回路による生成を行っている。これは 4.8 μ sec ごとに発生する 30bit 高速カウンターからのパルス出力と商用 60Hz 相当のパルス出力を 1 段目の AND 回路により同期をとり、さらに両方のパルスの時間的な順序を定めるために遅延ゲート回路を介し 2 段目の AND 回路を設けている。これらは蓄積リング内にあるタイミングシステムで生成しており、ビームトリガー信号、プリトリガー信号、シンクロトロンキッカー電磁石用トリガー信号として入射系各施設に伝送される⁽²⁾。

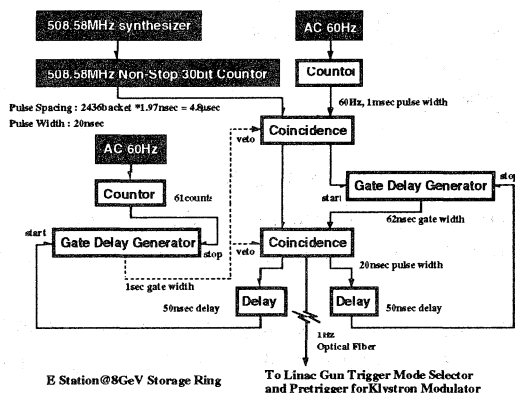
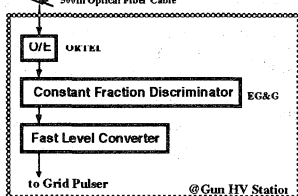
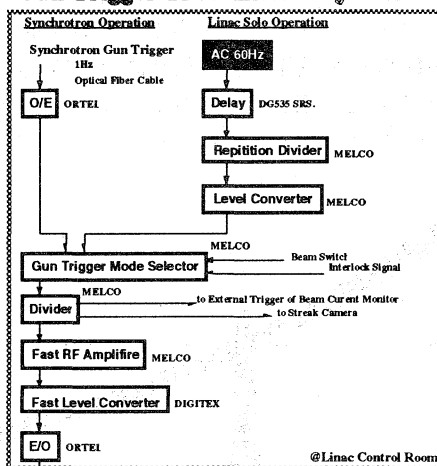


図 2-1 シンクロトロン及び蓄積リング同期運転のためのビームトリガー信号生成回路

電子銃トリガー選択回路の後段の電子銃トリガー伝送システム部ではビームスイッチ及びインターロックのためのゲート回路 (MELCO)、バンチ長測定用ストリークカメラ等へのビームモニタートリガー信号のための分配回路 (MELCO) を経て高速レベルコンバーター (DIGITEX) によりトリガー信号レベルを変換後、E/O (ORTEL) から 500m の高位相安定光ファイバーケーブルにより電子銃

高圧ステーション内部の O/E (ORTEL) に入力される。電気信号に変換後さらにトリガー信号の振幅変動により発生するジッターを抑制するため Constant Fraction Discriminator (EG&G) を介した後、グリッド駆動用パルサー (1 μ sec beam : MELCO、10~40nsec、1nsec beam : Kentek Instruments Ltd.) に入力するものである。一方、モジュレータトリガー分配システム部ではシンクロトロンプリトリガーをシンクロトロン同期運転及び非同期運転切り替え回路を介し、ゲート回路、波形合成回路を経て各モジュレーター電源のタイミングを決定する遅延回路 (DG535, Stanford Research Systems) に入力される。ここからの出力は光ファイバーケーブルにより各モジュレーター電源まで伝送される。以上のブロックダイアグラムを図 2-2 に示す。

Gun Trigger Transmission System



Modulator Trigger Distribution System

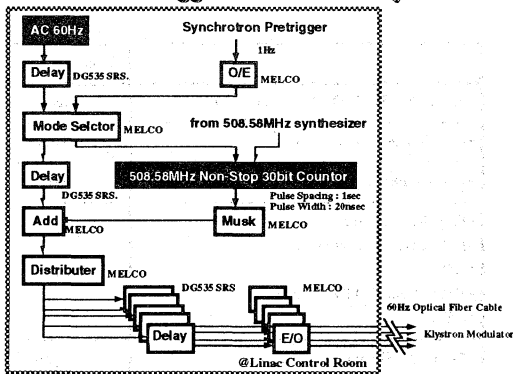


図 2-2 電子銃トリガー伝送システム及びモジュレータトリガー分配システムのブロックダイアグラム

3. 時間ジッター測定方法及び測定結果

単バンチビームにおけるジッター発生は電子銃トリガー伝送システムが支配的であり、システム内の各モジュールのジッターレベルを特定するため、測定はモジュールを1台ずつ追加し、その出力信号のジッターレベルを評価した。模擬トリガー信号は Pulse Generator (HP8131A) から繰り返しが 1kHz で NIM レベルのパルス出力を使用した。これを 2 分岐し、一方は Digital Sampling Oscilloscope (HP54121A、HP54120B) のトリガー信号とし、もう一方には測定物となるモジュールを介し HP54121A のチャンネルに入力される。測定はケーブルのみで発生するジッターを測定した後に、それ以降の測定においては校正値に影響することのないようケーブルの交換及び配線経路の変更は極力避けられた。図 3-1 に電子銃トリガー伝送システム全体で発生するジッター測定の結果を示す。HP54120B の使用にあたり内部遅延回路によるジッターレベル増加分を調べるため、分岐した 3GHz の rf を使用し、遅延時間の各値での評価を行い補正值とした。表 3-1 には各モジュールで発生したジッター測定の結果をまとめて示す。

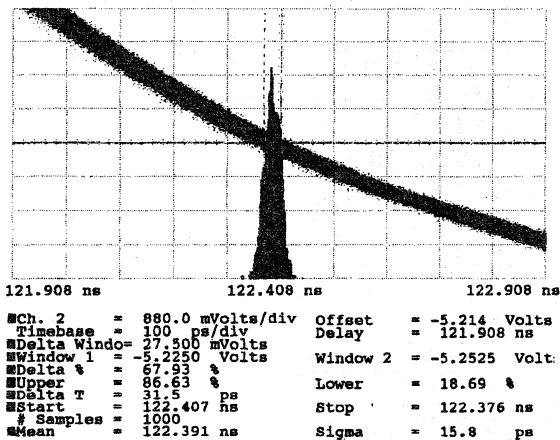


図 3-1 電子銃トリガー伝送システムにおける測定結果

	Time Jitter (1σ)
1m, 2m × 2 SUCOFLEX (Calibration)	1.2psec
+Gun Trigger Mode Selector	2.0psec
+4ch Divider	2.3psec
+Fast RF Amplifier +Fast Level Converter +E/O +500m Optical Fiber Cable +O/E	20.7psec
+Constant Fraction Discriminator	15.6psec

表 3-1 電子銃伝送システム部の各モジュールに対するジッター測定結果

4. まとめ

線型加速器における電子銃トリガー伝送システムとモジュレータトリガー分配システムから成るタイミングシステムを構築し、特に電子銃グリッドパルサーへのトリガー信号伝送においては 15.6psec (1σ) の低ジッターであることを確認した。当初、能動素子を使用した分配回路及び増幅器を導入していたことにより 30psec (1σ) のジッターが発生した。このため分配回路では受動素子を採用し、その後段の増幅器は rf 増幅器に交換することで低ジッターパルス生成を実現した。さらに E/O へ入力のための ECL から TTL への変換を行う高速レベル変換器と E/O、光ファイバーケーブル、O/E における電圧レベル変動に起因するジッター増加は Constant Fraction Discriminator の導入により効果的なジッター抑制が確認できた。

今後は実際に電子銃から生成されるビームに対してビーム電流モニターから得られるビーム波形との比較を行い、ジッターレベルの評価を行う予定である。また現在使用されているモジュールのほとんどが NIM タイプであるが、各部の仕様に基づいた特注製品であるため予備品の確保及び価格の点で問題となる。このことから市販されている NIM モジュールに対して同様の測定、評価を行い、さらには 1GeV 放射光リング NEW SUBARU などの将来計画にも柔軟に対応できるタイミングシステムの構築を併せて行う予定である。

謝辞

本測定を行うにあたり入射器系グループの鈴木寛光氏、蓄積リング RF グループの川島祥孝氏に御協力いただいたことを感謝します。

参考文献

- [1] S. Suzuki, et al., "Update Plan of Spring-8 Linac", Proc. of the 18th International Linac Conference (Geneva), Aug. 1996
- [2] Y. Kawashima, et al., "SPRING-8 におけるビーム蓄積のためのシステム (基本周波及びタイミングシグナル転送に関する全システム)", SPRING-8 Internal Report, Oct. 1994