

DEVELOPMENT OF AN ELECTRON GUN MODULATOR FOR THE SPring-8 LINAC

S.Nagasawa^{1,A)}, T.Hasegawa^{A)}, T.Kobayashi^{B)}, H.Hanaki^{B)}

^{A)} SPring-8 Service Co.,Ltd.

2-23-1 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

^{B)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Kouto, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

The present electron gun high voltage power supply system is becoming hard to maintain it because it is old-type and some important parts are now out of production. We therefore developed a new system which is superior in reliability and maintainability. This power supply is designed to feed the gun a high voltage pulse of 180 kV with a 4 μ s pulse width (1 μ s flat top). A modulator, a part of the system, is composed of an inverter power supply as a high voltage source and a conventional PFN circuit. The PFN voltage is determined to be 15 kV in order to make the modulator compact and reliable. A solid-state switching device stacking IGBTs can be utilized for discharging the PFN.

SPring-8 線型加速器新型電子銃電源システムの開発

1. はじめに

SPring-8線型加速器で使用されている電子銃電源システムは、線型加速器棟二階クライストロンギャラリに設置されている電子銃パルス電源（モジュレータ）と一階加速管室に設置されているパルストランスバンク、高圧デッキで構成されている。

現在の電子銃電源システムは、いくつかの問題点を抱えている。特に、モジュレータにおいては性能を維持することがむずかしい状況になりつつある。そのひとつとして保守性の悪さが挙げられる。サイラトロンドライブユニットを例にとると、ユニット内はサイラトロンヒータ電源、リザーバ電源、キープアライブ電源、電源制御回路や配線等で手を入れる隙間もないぐらい混雑している。このため、ユニット内は部品交換作業がしにくい環境になっている。そのほかトリガー系、O/E 変換ボード光コネクタ部の接続不良や接触不良、インバータ電源出力コネクタのコロナ放電などの不具合も発生している。さらに、入手不能な部品も多くなり、保守部品等の入手が困難になってきている。そこで、保守性に優れ、小型、高信頼性さらにサイラトロンだけでなくIGBTスイッチも使用可能な電子銃電源システムの開発を進めてきた。

本報告では、調整段階にある新型電子銃モジュレータの設計仕様及び電源システムの構成について述べる。

2. 新型電子銃モジュレータの仕様

2.1 設計方針

モジュレータの設計方針を以下に示す。

- 出力パルス幅4 μ s（半値幅）, 1 μ s（平坦部）。0.06 μ F(50 kV), 2 μ H (~5 μ H), 4段1列, 特性インピーダンス6 Ω のPFNを使用する。
- 昇圧比1:30のパルストランスを使用する。充電電圧15 kVで出力パルス電圧-180 kVを発生する。充電電圧を抑えることで、高電圧回路の信頼性の向上、回路の小型化を図る。
- IGBTスイッチが使用可能。三菱製IGBTモジュール（CM300DY-28H）を11個使用（22素子直列接続）。25 kV, 1250 Aの大電力がスイッチングできる。
- 保守性を向上。高電圧回路の小型化により、筐体内での作業空間を確保、保守性の向上を図る。操作盤、メータ類の機能をタッチパネルで代用することで部品点数を減らし、保守性の向上を図る。

2.2 高電圧回路部の仕様

IGBTを使用した場合の高電圧部の回路構成図を図1に、仕様を表2に示す。IGBTスイッチには保護ダイオードが内蔵されているため、シャント回路が使えない。このため、IGBT使用時はEOL回路を使用する。定格運転は充電電圧15 kV運転時、パルストランス二次側では-180 kVの高電圧パルスが発生する。

¹ E-mail: nagasawa@spring8.or.jp

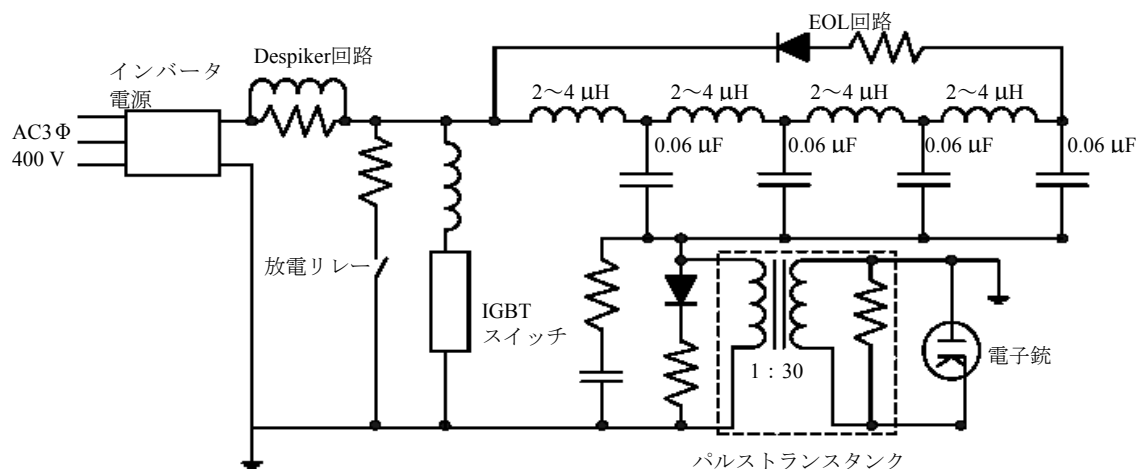


図1：高電圧部回路構成図

表2：高電圧回路部の仕様

尖頭出力電力	15 MW
平均出力電力	1.8 kW
充電電圧	15 kV
パルス幅（半値幅）	~4 μs
パルス幅（平坦部）	~1 μs
パルス立ち上がり時間	~1.5 μs
出力インピーダンス	6 Ω
繰り返し	60 pps

ジュレータは米国MAXWELL社の製品を使用していたが、故障時のメーカー対応に時間がかかった経験から今回は、(株)ニチコンの新規に開発した完全空冷式のインバータ電源を使用した。高さ507 mm、幅482 mm、奥行き600 mm、重量100 kgあるためモジュール制御筐体の最下段に収納した。充電電圧15 kV、繰り返し10 ppsで使用する。

表3：インバータ電源の仕様

最大充電電圧	40 kV
充電電流	0.5 A
定格充電電力	8 kJ/s
充電可能繰り返し	60 pps
安定度	± 0.1% (p-p) 以下

回路シミュレータのPSPICEを利用して高電圧回路部の等価回路を作成し、シミュレーションを行った。条件は、パルストランス一次側における電子銃のインピーダンスを40 kΩ、充電電圧15 kVとした。結果として得られたPFN出力波形を図2に示す。仕様通りのパルス波形が得られた。

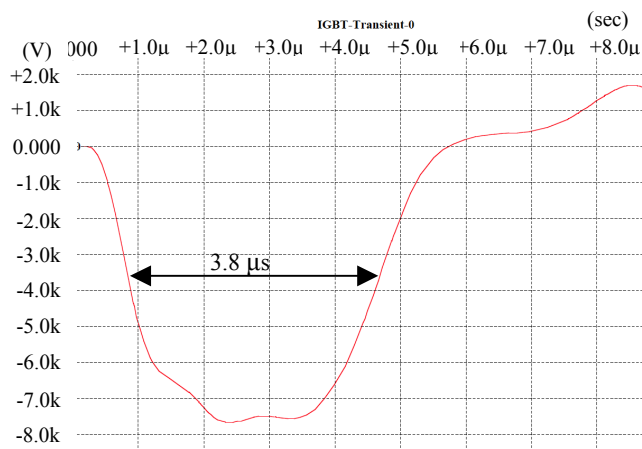


図2：PFN出力電圧シミュレーション結果波形
(充電電圧15 kV)

2.3 インバータ電源の仕様

インバータ電源の仕様を表3に示す。従来のモ

3. 新型電子銃電源システムの構成

新型電子銃電源システムは、従来のシステムとは違い、モジュールを高電圧回路筐体と制御筐体に分割して設置した。さらに、高圧デッキ筐体はパルストランス上部に設けられた碍子の上に設置した。

3.1 電子銃モジュール

新型電子銃モジュールの高電圧回路筐体のイメージを図3に、モジュールの外観を図4に示す。サイラトロンおよびIGBTスイッチの交換が容易に行えるように、設置部分が筐体前面側にスライドできる構造にした。反射電流保護回路は、サイラトロンとIGBTスイッチを交換する際に、シャント回路とEOL回路の配線を切り替えるようになっている。サイラトロンドライブユニットは保守性を考慮して、SPRING-8線型加速器で使用されている80 MWクライストロン用パルス電源と同じものを使用した。制御筐体は、インバータ電源、制御ユニット、トリガースeries制御回路、サンプルホールド回路、プリファイヤカウンタ回路、真空計、イオンポンプ電源、パルストランスコアバイアス電源、BIN電源を収納する。

制御ユニットは、新規に開発したPLCとタッチパネルによる制御システム^[1]を搭載したユニットを使用した。制御回路類については、NIM規格で新規に回路設計を行い開発したものを使用した。制御筐体には、高さ2150 mm、幅700 mm、奥行1200 mmの19インチラックを2台使用している。従来型に比べ、モジュレータの奥行きが1000 mm近く短くなった。高電圧筐体内部は、まだ空間に余裕がありさらに小型化が可能である。しかし、保守性を考慮してあえて小型化はしていない。

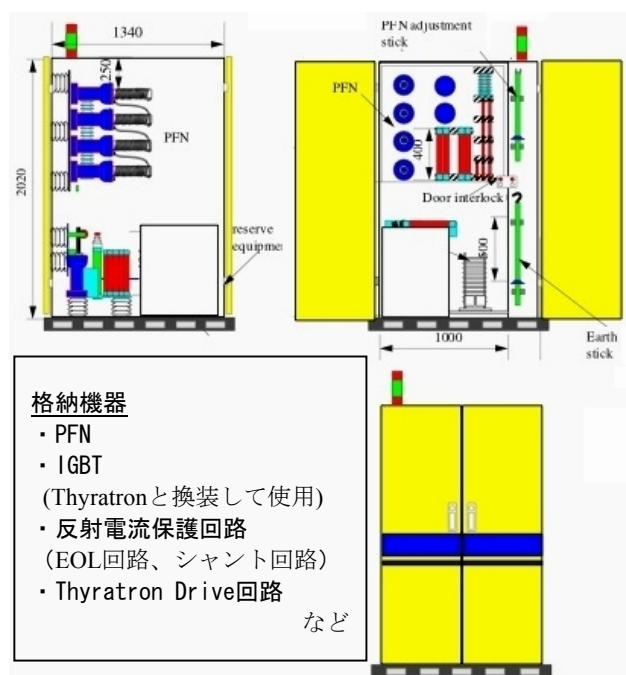


図3：高電圧回路筐体のイメージ図



図4：モジュレータの外観図

3.2 パルストランスタックおよび高圧デッキ

パルストランスタックと高圧デッキの外観を図5に示す。構造上、高圧デッキの操作部が地表から約2000 mmの位置にあるため、パルストランスタック側面に高さ800 mmの踏み台を設置した。パルストランスタックは、特性インピーダンス25 Ωの高耐圧

同軸ケーブルを4本使用しモジュレータと接続されている。タンク内部には高圧絶縁油が充填されており、パルストランス（昇圧比1：30）、大電力抵抗（5.7 kΩ）、パルス波形測定用CT、C-dividerなどが入っている。大電力抵抗は、パルストランス一次側と二次側でインピーダンスマッチングを取るために電子銃と並列に接続されている。そのほか、モジュレータから送られてくる高圧デッキ用の電力（AC100 V, 30 A）をタンク内部の高電圧絶縁トランスを介して供給している

高圧デッキ内部の外観図を図5示す。高圧デッキは、電子銃カソードヒータ用電源、グリッドバイアス電源、グリッドパルサ、制御ユニット、BIN電源、および制御回路、同軸切換え回路などの制御回路を格納するアルミ製の筐体である。制御ユニットは、モジュレータと同様に新規開発されたユニットを使用した。このユニットは、モジュレータのユニットと光ケーブルで接続されており、モジュレータ側より操作することができる。さらに、こちら側からモジュレータ側のユニットを操作することも可能である。従来の筐体と違い制御回路類をNIM規格に統一し、整理することで保守性の向上を図った。

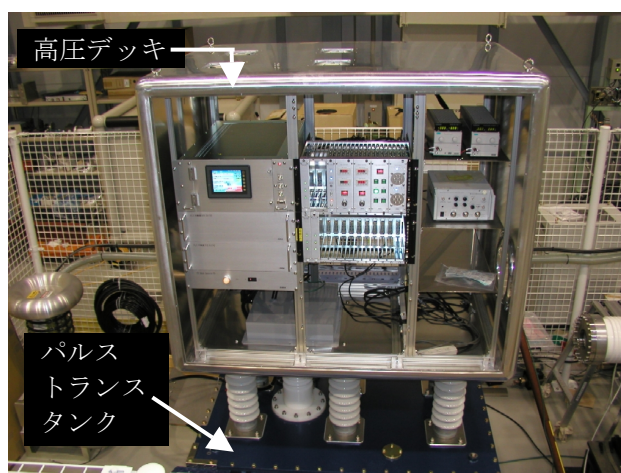


図5：パルストランスと高圧デッキの外観図

4. 終わりに

今回開発した電子銃電源システムは、SPRING-8サイト内にあるマシン実験棟の電子銃テストベンチに設置した。現在、IGBTスイッチとEOL回路を使用した回路構成で試験調整を行っている。

参考文献

[1] 長谷川照晃 他，“電子銃高電圧電源用制御システムの開発”, These Proceedings