

[F17p14]

THE CONSTRUCTION OF PULSE MODULATOR WITH INVERTER POWER SUPPLY FOR 80MW S-BAND KLYSTRON

T.Hori, H.Yoshikawa, S.Nagasawa, T.Kobayashi, T.Asaka and H.Yokomizo

JASRI SPring-8 Project Team

Mihara, Mikazuki-cyo, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198, Japan

Abstract

The fabrication of 190MW compact pulse modulator is under construction to test spare 80MW S-band klystrons(E3712 TOSHIBA) and 2 different type thyratrons. Typical specifications of the modulator are 190MW peak power, 390kV peak beam voltage, 60pps pulse repetition rate, 2.2 μ S flat-top pulse width and less than \pm 0.3% beam voltage stability. Compared with conventional modulator, new method which 40MHz inverter power supply, command charging, remote controll for tunable slug of PFN coil was introduced for improve beam voltage stability, thyratron prefire and maintenance.

インバータ電源を使用した80MW クライストロン用モジュレータの製作

1 はじめに

SPring-8 線型加速器はビームコミッショニングから約2年が経過し、ユーザータイム並びにマシンスタディなどのスケジュールを順調に消化している。特にこの6月以降は線型加速器から約1Aのシングルパンチビームをシンクロトロンへ入射可能になり、蓄積時間が大幅に短縮された。[1]。又9月からは兵庫県(姫路工大)が建設中のニュースパル・リング加速器へのビーム入射も予定されている。

現在13本設置されている80MW クライストロン及びサイラトロン[2]の予備品は約半数が購入されているが、これらの受け入れ検査や長期保存中の性能劣化を試験するための試験モジュレータが必要となっていた。その上、長時間安定にビームをリングへ供給するためには、モジュレータの安定度が非常に重要であること[3]、並びに将来計画されている自発放射光(SASE)計画を実現するためには出力電圧安定度が10⁻³オーダのモジュレータが必要であること等から今回、その試験も兼ねた80MW クライストロン用モジュレータの開発を行った。

性能向上や保守性なども検討した結果、レーザー関連の電源で実績をもつ定電流インバータ電源を電源部に使用し、PFNコンデンサーに直接電荷を充電する方式[4]の新規モジュレータの設計と製作を行ったのでその詳細を報告する。

2 主な仕様と構成

試験モジュレータの主な仕様は80MW クライストロン(E3712型 TOSHIBA)に適合した

- 定格出力電圧 392kW (代表値)
- 定格出力電流 475A (代表値)
- パルス平坦度 0.3% P-P 以下 (リップルを含む)
- 有効パルス幅 上記パルス平坦度を満足するパルス幅が2 μ S以上
- パルス繰り返し 60pps (最大)

であり、ピーク出力電力が190MW、平均出力電力で78kWである。図1に本モジュレータの主な回路構成を示す。電源部にIVRと3相全波整流回路、安定化回路にDe-Qingを使用した従来型のモジュレータと比較し

- 電源部に50kV、1.5Aの容量をもつELECTRIC MEASUREMENT INC. (ALE)のインバータ方式の定電流電源を3台並列接続し使用する。
- \pm 0.1%以下の安定度を有する安定化電源を使用しているため、De-Qingに相当する安定化回路は必要ない。
- PFNのコンデンサーに定電流電源から直接充電する定電流充電方式。
- 充電開始並びにサイラトロン点弧の2つのトリガーによるコマンドチャージング方式
- De-Qing回路に加えてIVR、チャージングチョークやホールドオフダイオード等の高圧保守部品が少なくなることによるメンテナンス性の向上

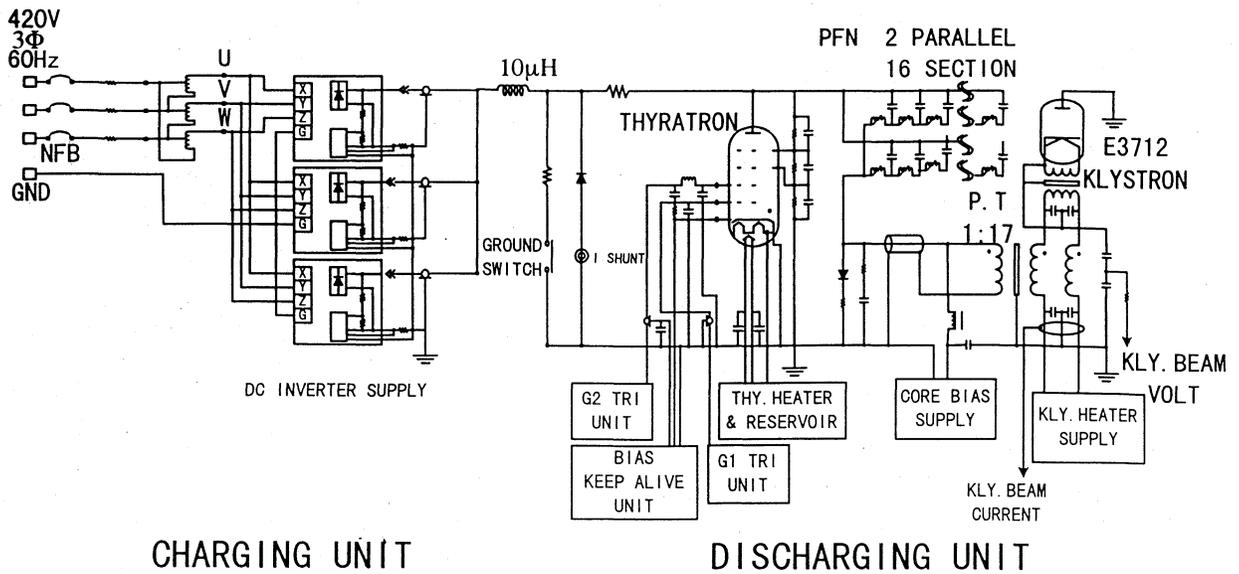


図1: 試験用モジュレーターの主な回路構成図

等の特徴を有している。これらの特徴に付加し、実機での運転経験 [5] と 2 種類のサイラトロン (F351 TRITON、CX1937A EEV) の安定動作や寿命試験等を調査するため

- パルス出力電圧の平坦部の調整が容易に行えるよう PFN コイルのインダクタンス調整が遠隔でコントロール可能な駆動装置の採用
- サイラトロンのミスファイヤ回数を調査するためのミスファイヤカウント回路の採用
- 容易にサイラトロンが装脱着可能なカソードプレート構造の採用とトリガー回路の改善

等も行った。インバータ及びフォーカスコイル電源などを含む電源ラックも含めて、13 台ある既存のモジュレータと比較し、筐体容積は 57 % (W2.7m×D1.5m×H2.3m) となっており小型化された [6]。

3 出力特性

図2に30pps、PFN設定電圧20~35kV(5kVステップ)で運転したときの充電電圧波形を示す。充電開始からサイラトロン点弧までの時間(T_{s-f})は15mSで、充電時間はPFN充電電圧と共にリニアに変化する。パルスの繰り返しを変えた場合この方式のモジュレータでは T_{s-f} 時間は変化せず、充電開始トリガーのインターバル時間(充電休止時間)が異なる。従って、従来型のモジュレータでは問題となるパルス繰り返し異なることによる出力電圧の変化は生じな

い。図3にはクライストロン負荷でのビーム電圧波形とパルス平坦部の拡大図を示す。動作条件は繰り返し30pps、PFN設定電圧51.1kV、ピーク電圧396kVで、パルス平坦部が0.3%(P-P)以内のパルス幅は2.1µSのデータが得られた。既存のモジュレータとの出力電圧安定度の比較を行うため、30pps、PFN電圧40kV(インバータ電源は2台)の条件で30時間程度連続運転しクライストロンビーム電圧の安定度試験を行った。既存のモジュレータは400V系供給ラインの電圧変動に同期して±0.5%のクライストロンビーム電圧変動が生じていたが(仕様値)、試験用モジュレータでは±0.15%以内の良好な電圧安定度を得ていることを確認した。

4 検討

4.1 インバーター電源の冷却不足

この電源の高圧スタック部はフロン液中に実装されており、動作中に蒸発したフロンを冷却水で凝縮させる蒸発冷却方式が採用されている。60pps、出力電圧50kVの条件で単体動作した時でも、40分程度で内蔵の温度センサーが動作しフォルトする。冷却水量7.6l/min以上、冷却水温15~35℃のカタログ値に対して、各々8l/min、32~34℃の冷却水を供給しているが(設備能力で決定されておりこの値以上現状では増加不可能)スペックの上限値に近いいためか、最大出力での連続運転が現在行えない。

対策として15 l/min以上、20~30℃の範囲内で±1℃の温度制御が可能な冷却水を供給するための独立チラーユニットの準備を進めており、最大出力で長時間の連続運転を行うために必要な流量と設定温度を決定する試験を予定している。

4.2 インバータ電源の無効電力

このモジュレータの電源はマシン用分電盤の400V系(受電能力;95kW)から供給されているが、インバータ電源の力率が0.9のカタログ値を満足せず現状40pps、充電電圧50kVの使用条件下で約0.67である。電源内部の平滑用チョークコイルのインダクタンス値の変更や充電時間の変更などで力率を改善する対策を現在検討中である。

運用上の対策として、2系統のマシン用分電盤から受電可能なよう追加NFBや変換電圧トランス及びライン用ケーブルの再配線等の工事を9月上旬に行う予定で、前述の冷却水対策後最大出力時での長時間運転試験を行う予定である。

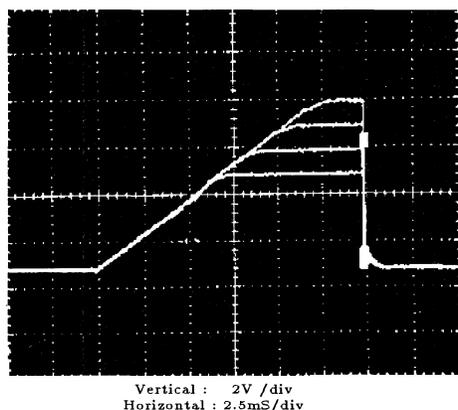


図2: 充電電圧波形

5 謝辞

本モジュレータの設計、製作、据えつけ及び調整にあたり東芝・新エネルギー技術開発部の神津秀雄氏、東芝電波特機の三澤英夫、西尾清己、北山雄幸氏、並びに東芝小向工場の間之口真氏等の方々に協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

6 REFERENCES

[1] H.Yokomizo et al. "Status and Performance of SPring-8 Linac", Proceedings of this meeting.

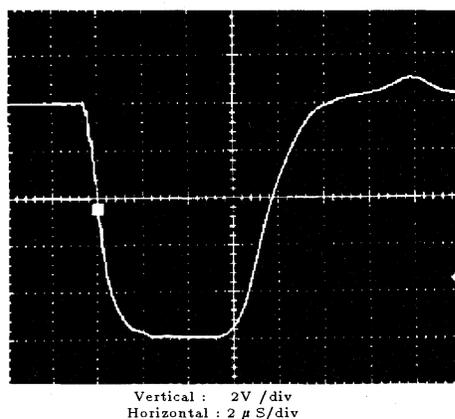


図3: クライストロンビーム電圧波形

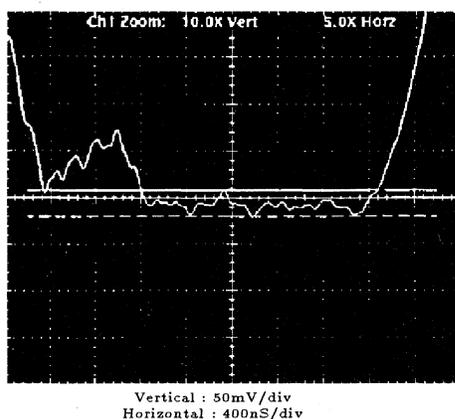


図4: パルス平坦部の拡大波形

- [2] T.Hori et al. "Pulse modulator for 80MW Klystron in SPring-8 Linac", Proceedings of the 20th Linear Accelerator Meetings in Japan, September 6-8, 1995, Osaka, Japan, pp272-274.
- [3] T.Asaka et al. "Stability of RF system at SPring-8 Linac", Proceedings of this meetings
- [4] T.Shintake et al. "C-band Klystron & RF-System Development", Proceedings of the 11th Symposium on Accelerator Science and Technology, 1997, Harima Science Garden City, pp335-337.
- [5] S.Nagasawa et al. "Operation Status of Klystron Modulator for SPring-8 Linac", Proceedings of this meetings.
- [6] T.Hori et al. "High Performance Pulse Modulator for 80MW S-band Klystron in SPring-8 Linac", LINAC98 International Linac Conference, August 23-28, 1998, Chicago, USA, to be published.